Die systematischen Fehler der Deklinationen des Neuen Fundamentalkatalogs

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde genehmigt von der Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von

HERMANN v. SOCHER

Tag der Promotion: 31. Juli 1928

Referenten: Prof. A. KOPFF
Prof. P. GUTHNICK

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Lebenslauf

Ich bin geboren am 4. Februar 1894 zu Kraubath in Steiermark als Sohn des Gutsbesitzers Gottfried v. Socher. In Graz besuchte ich das Privatgymnasium F. Scholz, an dem ich im Sommer 1912 die Reifeprüfung bestand. Ich wurde Oktober 1912 an der Universität Graz immatrikuliert, an der ich mit Unterbrechungen durch das Einjährigenjahr und den Krieg bis Sommer-Semester 1921 Mathematik, Physik, Meteorologie und Astronomie studierte. Meine Lehrer waren dort: Benndorf, v. Dantscher, v. Ficker, Hillebrand, Mally, v. Meinong, v. Pfaundler, v. Sterneck, Streißler, Waßmuth. Besonders den Herren v. Ficker und Hillebrand bin ich zu Dank verpflichtet. Im April 1922 wurde ich an der Universität Berlin immatrikuliert, wo ich mehrere Semester die Vorlesungen der Herren Bieberbach, Einstein, Guthnick, Klose, Kopff, v. Laue, v. Mises, Nernst, Planck, Rubens, E. Schmidt, Ad. Schmidt, Schur und Witt hörte. Hier bin ich zu besonderem Danke verpflichtet den Herren Kopff und Guthnick. Ersterer regte mich zur vorliegenden Arbeit an und unterstützte mich bei ihr durch Ratschläge, letzterer zog mich seit 1924 zur Mitarbeit an der Uebungssternwarte der Universität heran. H. v. Socher.

Verzeichnis der Abkürzungen

D: Deklination,
RA: Rektaszension,
S: System,
FS: Fundamental-System,
Ka: Katalog,
FKa: Fundamental-Katalog,
Ko: Korrektion,
iKo: individuelle Korrektion,
sKo: systematische Korrektion,
NFK: Neuer Fundamentalkatalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs nach den Grundlagen von A. Auwers, für die Epochen 1875 und 1900 bearbeitet von Dr. J. Peters (Veröffentl. 33 d. Astr. Rech.-Inst.).

Die systematischen Fehler der Deklinationen des Neuen Fundamentalkatalogs

I. Einleitung

1. Zweck der Arbeit

Die durch die Neubeobachtung der A.-G.-Kataloge erforderlich gewordene Verbesserung des Neuen Fundamentalkataloges des Berliner Jahrbuches erforderte naturgemäß die Untersuchung des systematischen Verhaltens aller dieser Verbesserung zugrundegelegten Beobachtungskataloge zu dem NFK selbst. Die vorliegende Arbeit hat die Klarstellung des Verhaltens der Abweichungen in D ($\Delta\delta$) in Abhängigkeit von der RA ($\Delta\delta_\alpha$) zum Ziel. Der Gang dieser Differenzen nach D ist zwar auch untersucht worden; aber da nur durch eine ungünstige Zusammenballung von Sternen fast gleicher D in einer der meist drei Stunden umfassenden RA-Zonen eine sicherlich sehr geringfügige Verfälschung der gesuchten $\Delta\delta_\alpha$ durch Annahme unrichtiger Werte für $\Delta\delta_\delta$ entstehen kann, wurde von einer eingehenderen Diskussion der einzelnen $\Delta\delta_\delta$-Kurven der verwendeten Ka abgesehen. Nur um die verwendeten Werte zu rechtfertigen, wurde hier eine kurze und natürlich das Material in keiner Weise erschöpfende Darstellung des systematischen Verhaltens der $\Delta\delta_\delta$ gegeben und nebenbei einige Bemerkungen über die auffälligsten gefundenen Erscheinungen gemacht.

2. Material

Als Material für die Verbesserung des NFK dienen über 20 Ka, die seit der Bearbeitung durch Auwers teils im Druck erschienen, teils in dankenswerter Weise von den betreffenden Sternwarten handschriftlich mitgeteilt wurden. Dagegen wurden, wie schon seinerzeit bei der Aufstellung des NFK, Jahres-Ka, deren endgültige Zusammenfassung erst zu erwarten ist, nicht berücksichtigt. Von diesen Ka wurden für die vorliegende Untersuchung aber nur elf verwendet, aus folgenden Gründen für die Mitnahme beziehungsweise Auslassung: Mehrere, an einer Sternwarte mit demselben Instrument beobachtete Ka sollten wegen der erhöhten Möglichkeit, lokale oder instrumentale Eigenheiten zu erkennen, mitgenommen werden, auch wenn ihre Genauigkeit (wie bei Greenwich 1910) eigentlich nicht ausgereicht hätte, die bekanntlich ziemlich kleine Amplitude in RA mit jener Sicherheit abzuleiten, die für eine Erklärung ihrer Entstehung zu fordern ist. Daher wurden die drei Cape-Ka und die drei Greenwich-Ka ausgewählt. Das S des Ertel'schen Vertikalkreises von Pulkowa spielt bei der Entstehung des NFK eine solche Rolle, daß natürlich auch die zwei Pulkowaer Ka mitgenommen werden mußten. Die zwei Ka von Washington sind zwar nicht mit einem Instrument beobachtet, besitzen aber eine so hervorragende Genauigkeit, daß ihre Berücksichtigung von größtem Wert war bei der oft auftretenden Frage nach der Realität feinerer Details in den abgeleiteten Kurven. Sie sowohl wie der ebenfalls herangezogene Ka von Algier boten auch die sehr erwünschte größere Anzahl mit den Cape-Ka gemeinsamer Sterne, was der Erkennung von jährlichen Refraktionsanomalien einer der Sternwarten dienen konnte. Die übrigen Ka wurden nicht berücksichtigt, weil entweder der sprunghafte Gang und die Größe ihrer sKo so im Gegensatz stand zu der weit überwiegenden Mehrheit der anderen Ka, daß ein Vorwiegen lokaler oder instrumentaler Eigenheiten über die zu findenden geringfügigen Ko des NFK zu erwarten war; oder weil sie wegen der für die Verbesserung der Oerter von Fundamental-Sternen doch zu geringen Genauigkeit ihrer Positionen die Erkennung von Eigenheiten des Auwers'schen S kaum erlaubt hätten und selbst für die Ableitung individueller Ko innerhalb des S nicht immer von jenem Wert waren,

der die aufgewandte Rechenarbeit lohnte. Es wäre sehr wünschenswert, wenn zukünftige Beobachter von Fundamental-Sternen mehr als manchmal geschieht, auf möglichste Verringerung auch der zufälligen Fehler ihrer Oerter bedacht wären. Unsere heutigen FS, abgeleitet aus Beobachtungen der letzten 175 Jahre, entstanden durch die Lebensarbeit von Männern wie Auwers, Boß und Newcomb, können, besonders am Nordhimmel, nur durch Beobachtungen von einem recht hohen Mindestmaß von innerer Genauigkeit mehr verbessert werden. Besonders die Ableitung iKo der EB erfordert dieses Mindestmaß und vor allem auch die Arbeitsökonomie bei der späteren Verwertung der Beobachtungen für die Verbesserung eines FS. Denn die Bestimmung der sKo eines Beobachtungs-Ka sowohl wie die Mitnahme der Gleichungen, die er für die Bestimmung der iKo liefert, macht bei einem minder genauen Ka eher mehr als die gleiche Arbeit für einen genaueren Ka. Gewichtsverhältnisse wie 1 : 4 oder gar höhere sollten wünschenswerter Weise in Zukunft ausgeschlossen sein. In noch höherem Maße als durch die ungenügende Anzahl der Beobachtungen scheint die innere Genauigkeit wie die Freiheit von systematischen Fehlern durch die Verwendung ganz veralteter Instrumente zu leiden, die manchmal vielleicht schon zurzeit ihrer Entstehung nicht auf der Höhe der Zeit waren.

Die in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten Ka waren also:

Algier 1925 (Handschriftlich mitgeteilt), abgekürzt veröffentlicht im Journal des observateurs 1925, Vol. VIII, Nr. 3 (A 25)

Cape: (First) Fundamental Catalogue of 1293 stars for 1900 (C I 00)
(Second) Fundamental Catalogue of 1846 stars for 1900 (C II 00)
Fundamental Catalogue for 1925 (Handschriftlich mitgeteilt) (C 25)

Greenwich: Second Nine-Year Catalogue for 1900 (Gr 00)
Catalogue of stars for 1910 (Gr 10)
First Greenwich Catalogue for 1925 (Gr 25)

Pulkowa: Katalog für 1905 (Pulk. Obs. XXV) (P 05)
Katalog für 1915 (Ann. Acad. Scient. Fenn., Serie A. Tom XVIII, Nr. 6) (P 15)

Washington: Catalogue of 4526 stars for 1900 (Nine-inch transit circle) (W 00)
Catalogue for 1910 (Handschriftlich mitgeteilt; Six-inch circle) (W 10).

3. Behandlung des Materials

Mit Ausnahme von Gr 00 wurden an die veröffentlichten D keine Verbesserungen angebracht, weil der Wert solcher nachträglich angebrachten Ko doch recht unsicher ist und das Systematische an ihnen ohnehin in die abgeleiteten sKo übergeht und dadurch in einer für die Bestimmung des Ganges nach RA durchaus genügenden Weise berücksichtigt wird. An die Oerter des oben erwähnten Ka wurde die Verbesserung wegen der Differenz der Struve'schen und Newcomb'schen Präzessionskonstanten mittels der Tafeln von Becker angebracht, an die einzelnen Oerter aller Ka aber natürlich eine Verbesserung derart, daß der Ort der Beobachtungsepoche mit der EB des NFK auf die Zeit des Ka-Aequinoxes übertragen ist. Die Angabe des Ortes für die Epoche der Beobachtung statt des mit EB verschiedener Herkunft auf eine runde Epoche übertragenen sollte in Zukunft allein üblich sein. Als sehr hinderlich für die Diskussion der sKo erwies sich die leider noch häufige, schon von Newcomb verurteilte, Gewohnheit, für Zirkumpolarsterne bloß einen gemittelten Ort statt der einzelnen Mittel aus den Beobachtungen in jeder Kulmination zu geben. Hier wäre auch noch zu rechtfertigen die Beschränkungen in der D des untersuchten Gebietes. Nach Norden wurden nur Sterne bis 80° D mitgenommen. Dies geschah wegen der nicht zu überwindenden Schwierigkeit, mit bloß zehn Sternen in einer 10° breiten Zone ein S zu definieren oder gar seine Aenderung in RA zu verfolgen. Die Verwendung der für diese Zone vorhandenen Heliometertriangulationen und photographischen Ka wird sich wahrscheinlich als unentbehrliche Ergänzung der Meridianbeobachtungen herausstellen. Auch nach Süden trat eine Begrenzung aus mehreren Gründen ein. Bei der bedeutend geringeren Verläßlichkeit der Oerter, EB und sKo der Ka für den Südhimmel schien es unerläßlich, für seine Bearbeitung noch das Erscheinen der Ka von Cordoba und San Luis abzuwarten. Außerdem war für die Erklärung des gefundenen Ganges nach RA für die Zone bis —20° D eine ein-

heitliche Ursachengruppe in der Kombination des NFK aus den nördlichen Ka, für die Beobachtungen bis zu dieser Grenze mit überwiegendem Gewicht verwertet wurden, gegeben; ferner war überhaupt für die Neubeobachtung der A.-G.-Zonen der nördliche Teil des NFK als der zuerst zu verbessernde festgesetzt worden.

Es mögen hier ferner noch einige Angaben über die von den Herausgebern der Ka angewandten Reduktionsmethoden folgen, weil sie von Bedeutung sein können für die Schlüsse, die man aus den Abweichungen Auwers—Ka zu ziehen gedenkt. Die Veränderlichkeit der Polhöhe, die einen Gang nach RA durch ihr jährliches Glied und ungenügende Elimination der Chandler'schen Periode erzeugen könnte, ist bei allen elf Reihen von den Bearbeitern schon berücksichtigt worden, meist durch Verwertung der bekannten Albrecht'schen Koordinaten des mittleren Poles. Psychrometerangaben wurden bei keinem der verwendeten Ka für die Berechnung der Refraktion verwertet; da sie unzweifelhaft einen Einfluß mit jährlicher Periode auf die Refraktion besitzen, entsteht ein Gang mit der RA in den $\Delta\delta$, soweit nicht der NFK denselben Fehler aufweist. Da er ja in der hier betrachteten Zone aus Beobachtungen von Sternwarten fast gleichen Klimas entstanden ist, ist dies allerdings wahrscheinlich.

Ungünstig für eine Diskussion der systematischen Fehler der D ist die Tatsache, daß von den elf Ka nur fünf wirklich als absolut zu betrachten sind, weil bei ihnen auch die Refraktionskonstante aus den Beobachtungen selbst bestimmt wurde. Von den Greenwich-Ka ist der erste mit Bessel'schen Refraktionen, die beiden späteren mit denen der Tafeln von Pulkowa berechnet; die zwei ersten Cape-Ka sind ebenfalls mit Pulkowa-Refraktionen berechnet. Vom dritten ist das zwar nicht bekannt, da er ohne nähere Angaben über die Ableitung der Oerter mitgeteilt wurde. Da aber Cape, ungleich Greenwich, wegen seiner zu geringen Polhöhe gar nicht in der Lage ist, fundamentale Bestimmungen der Refraktionskonstante aus Beobachtungen in beiden Kulminationen zu machen, ist anzunehmen, daß auch dieser Ka mit den Pulkowa-Refraktionen berechnet wurde. Für den Hauptteil der vorliegenden Untersuchung ist die Verwendung nicht selbständig bestimmter Refraktionskonstanten übrigens gleichgültig, da ja nur die Abhängigkeit von der RA von Differenzen gesucht wird, die vom Gang nach Deklination bereits befreit sind.

4. Ableitung der systematischen Korrektionen

Ueber die Gewinnung der Kurven der $\Delta\delta_\delta$ und $\Delta\delta_\alpha$ aus den mit NFK-EB auf eine gemeinsame Epoche gebrachten Differenzen NFK — Ka ist folgendes zu bemerken: Die einzelnen Differenzen wurden, nach D geordnet, in Gruppen geteilt, deren Sternzahl von der Genauigkeit des betreffenden Ka, der Zahl der mit dem NFK gemeinsamen Sterne überhaupt und der Sterndichte der betreffenden D-Zone abhing. Offensichtlich zu große Abweichungen (über eine Bogensekunde) der einzelnen $\Delta\delta$ vom Zonenmittel wurden dann ausgeschlossen und die Mittel neu berechnet. Nicht benutzt für die Mittelbildung wurden ferner die von den beiden Doppelsternen Sirius und Procyon gelieferten $\Delta\delta$ wegen der heutigen Unsicherheit der von Auwers seinerzeit benutzten Bahnelemente. Mit der berechneten mittleren D der Sterne wurden dann die Mittel der $\Delta\delta$ graphisch aufgetragen. Die erhaltenen Punkte wurden durch eine nicht zu glatte Kurve ausgeglichen. Schon Boß erwähnt ja, daß sich fast immer die Realität kleinerer Details bei seinen Untersuchungen über die sKo der für seinen Catalogue of 627 principal standard stars verwendeten Ka erwies. Bei den hier benutzten, zum Teil sicher mit geringeren zufälligen und systematischen Fehlern behafteten als die von Boß verwandten, erwies sich dies ebenfalls bald durch Vergleich der Kurven mehrerer Ka. Mit den aus der erhaltenen Kurve entnommenen Werten der Ko ($-\Delta\delta_\delta$) wurden nun die einzelnen $\Delta\delta$ der Sterne korrigiert und die so erhaltenen Werte ($\Delta\delta - \Delta\delta_\delta$) bilden nun das Material der später folgenden Untersuchung über das Vorhandensein eines Ganges nach RA in ihnen. Vorher soll aber noch das Verhalten der $\Delta\delta_\delta$ kurz besprochen werden.

5. Systematische Fehlerquellen

Das Instrument des Meridianbeobachters ist für jetzige Bedürfnisse der Astrometrie genügend genau untersucht und wird es im Rahmen der zu erreichenden Genauigkeit und

der für Instrumentaluntersuchungen verfügbaren Zeit stets sein bei Reihen wie den vorliegenden. Außer den noch immer rätselhaften R—D-Differenzen bei reflektierten Beobachtungen, die eben deswegen nur wenig mehr benutzt werden, dürfte es kaum eine Fehlerquelle von D-Beobachtungen geben, deren Ursache wenigstens nicht bekannt wäre und daher durch Häufung der Beobachtungen oder geeignete Anordnung zu vermeiden wäre. Daß dies nicht immer in erreichbarem Maße geschieht und z. B. die Eliminierung der zufälligen wie systematischen Teilungsfehler durch die bekannten Maßnahmen, in Zukunft vielleicht durch die Vermehrung der Ablesestellen durch photographische Registrierung, noch zu verbessern wäre, ist nicht zu bestreiten. In letzterer Hinsicht wäre hier auf A 25 hinzuweisen, bei dem jeder Ort von mindestens 48 Kreisstrichen abhängt (eine unklare Angabe seines Vorworts läßt es sogar nicht ausgeschlossen erscheinen, daß es 96 sind). Kleine Wellen von 6^0 Länge im $\Delta\delta_\delta$ der Cape-Ka ließen sich vielleicht durch systematische Teilfehler erklären, wenn nicht am Südhimmel die individuellen Fehler der NFK-Oerter die Differenzen NFK — Ka so stark verfälschen würden, daß kein sicherer Schluß möglich ist. Leider beginnt aber am Objektiv des Instruments ein der Untersuchung nur ungenügend zugänglicher Teil desselben, ein Objektivprisma, dessen brechende Eigenschaften von Stunde zu Stunde wechseln: die Atmosphäre. In Ermangelung von Besserem wird der Betrag ihres Einflusses heute noch Tafeln entnommen, von deren Theorie man weiß, daß sie fehlerhaft ist und mit der Wirklichkeit nicht einmal in deren jährlichen Mittelwerten übereinstimmt. Die Konstanten der Theorie, die als rein physikalische Größen eigentlich Laboratoriumsversuchen entnommen werden müßten, werden aus den Beobachtungen jeder einzelnen Sternwarte bestimmt, soweit sie nicht gar Beobachtungen anderer Orte entlehnt werden. Ihre Abweichungen zeigen deutlich genug ihre Unsicherheit an. Während eine Fehlerquelle bei der Berücksichtigung des Einflusses der Refraktion eine Funktion der Zenitdistanz, also der D, ist, hat man auch noch mit Abweichungen der wirklichen von der tafelmäßigen Refraktion zu rechnen, die eine Funktion der Tageszeit und Jahreszeit, also der RA, sind. Die Schwankungen im Zustand der Atmosphäre um einen Mittelwert sind eben nicht als zufällige Fehler aufzufassen, sondern als systematische, die durch Häufung der Beobachtungen nie eliminiert werden können. Zum Beispiel hat die neuere Aerologie, deren Entwicklung erst in die Zeit nach der Aufstellung unserer Refraktionstheorien fällt, das beinahe regelmäßige Vorkommen von sogenannten Inversionen festgestellt, Temperaturzunahmen nach oben, also des geraden Gegenteiles der Annahmen aller Refraktionstheorien. Der bisher gewählte Weg, vielmehr Ausweg, die Konstanten dieser fehlerhaften Theorien aus astronomischen Beobachtungen selbst abzuleiten, führt natürlich dazu, daß diese Konstanten auch nicht die richtigen Werte erhalten, die ihnen bei rein physikalischen Bestimmungen zukommen würden. Die Ausgleichung der Beobachtungen in beiden Kulminationen ergibt vielmehr eine Refraktionskonstante, welche die Fehler der Theorie durch Abweichungen vom wirklichen Wert, der ja für alle Orte (bezogen auf gleiche Schwere usw.) derselbe sein müßte, wieder einigermaßen ausgleicht. Ebenso verhält es sich mit der Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft. Als wichtiger Schritt zur Annäherung an die wirklichen Verhältnisse der Brechung der Atmosphäre ist die Refraktionstafel von Harzer (Publikat. Kiel XIII/XIV) zu bewerten, die ohne vorgefaßte Theorie über die Temperaturschichtung der Atmosphäre nur aus physikalischen Größen und meteorologischen Mittelwerten die Größe der Strahlenbrechung für Kiel durch numerische Integration ermittelt. Der Entstehung dieser Tafel nach müßten die Abweichungen der wirklichen Refraktion von der nach ihr berechneten nur mehr zufällige Fehler sein, die sich durch Häufung von Beobachtungen verkleinern ließen. Trotzdem sind wohl noch genügend systematische Fehler auch bei ihrer Anwendung möglich, wenn sich diese auch natürlich in engeren Grenzen halten werden als bei den älteren Tafeln. Denn die verwendeten Werte für den täglichen und jährlichen Gang der Temperatur usw. sind aus nur wenigen Jahrgängen einer einzigen Station abgeleitet und daher dementsprechend unsicher. Besonders gilt dies von dem wichtigen täglichen Gang, dessen Werte bloß für eine Teilung des Jahres in zwei Hälften und dies nur aus Beobachtungen von nur zwei Jahren ermittelt werden konnten. Der Entwicklungsstufe der Aerologie entsprechend ist die Genauigkeit der Beobachtungen bei weitem nicht so hoch wie diejenige meteorologischer

Beobachtungen und leider auch durchaus nicht frei von systematischen Fehlerquellen. Trotzdem sind natürlich diese Tafeln der wichtigste Fortschritt in unserer Kenntnis der Refraktion seit langer Zeit.

Für die älteren Tafeln ist nicht nur die Unkenntnis der Temperaturschichtung in größerer Höhe eine unangenehme Fehlerquelle, sondern noch mehr die ungenügende Berücksichtigung der Temperaturschichtung im Beobachtungssaale selbst. Außer der Abweichung der wirklichen von der theoretischen Temperaturabnahme gerade am Boden dürfte eine wichtige, aber leicht vermeidbare Fehlerquelle wohl alle bisherigen Beobachtungen systematisch mehr oder minder verfälscht haben: die von den Beobachtern stark unterschätzte, den Meteorologen nur zu gut bekannte Schwierigkeit, die Lufttemperatur mit dem Quecksilberthermometer zu messen. Der in neuerer Zeit wieder von Hausen (Zeitschr. f. techn. Physik 1924) nachgewiesene starke Einfluß der Strahlung der Raumwände sowie die große thermische Trägheit des Quecksilbers gegenüber der geringen Wärmekapazität der Luft schaffen hier Schwierigkeiten, die bisher sicher zu wenig beachtet wurden. Bei zukünftigen fundamentalen Beobachtungen wäre die Temperaturmessung mit Aspirationspsychrometer oder Hausen'schem Doppelthermometer unbedingt zu empfehlen. Da der größere Teil der Fehler des NFK sicher der Refraktion zur Last fällt, während die Biegung (schon wegen ihrer Abhängigkeit bloß vom Sinus der Zenitdistanz statt vom Tangens) weniger bedenklich mitsprechen dürfte, systematische Kreisfehler im Mittel aus den zahlreichen Ka sich bis auf kleine Reste eliminiert haben dürften, hängt die Möglichkeit befriedigender Aufklärung der Abweichungen unserer FK eigentlich ganz von unserem Wissen über die Refraktion ab, ist also gegenwärtig nicht vielversprechend. Darum wurde hier auch davon abgesehen, auf Grund doch stets noch hypothetischer Annahmen über die Temperaturschichtung in Beobachtungssälen wenigstens den Einfluß der Saalrefraktion zu beseitigen. Der beste bisher gewählte Weg scheint wohl der von Boß eingeschlagene zu sein, aus der Vergleichung je eines südlichen und nördlichen Ka die Ko ihrer Refraktionskonstanten abzuleiten. Diese Methode hat auch Raymond (Astr. Journal 1926) bei seiner Untersuchung der $\Delta\delta_\delta$ der seit dem Catalogue von Boß erschienenen Beobachtungs-Ka mit Recht benützt und auch die $\Delta\delta_\delta$, welche bei der Verbesserung des NFK benützt werden sollen, wurden von Kopff nach vorheriger Anwendung dieser Ko bestimmt (Astr. Nachr. 231). Trotzdem zeigen bekanntlich alle drei FKa systematische Abweichungen nicht bloß untereinander, sondern in einem Maße auch gegen neuere Beobachtungen, das schlecht übereinstimmt mit der Sorgfalt ihrer Bearbeitung aus den Beobachtungen von 150 Jahren. Die Meinungen über die Realität wie über die Größe einer erforderlichen Aequator-Ko sind allein schon sehr geteilt (Courvoisier, Astr. Nachr. 207; Großmann, Unters. üb. d. astr. Refraktion; Tucker, Publ. Astr. Soc. Pac. 35 und Astr. Journal 34; Schaub, Polhöhe v. Bonn, Diss. Bonn 1927); über den weiteren Verlauf der Ko bis zu den Polen gibt es nur Vermutungen. Dabei ist es noch gar nicht entschieden, in welchem Maße eine sogenannte Aequator-Ko auf die Oerter der FKa und ihre EB zu verteilen ist. Wenn auch das bekannte Auseinandergehen der aus den EB in D wie aus den Radialgeschwindigkeiten berechneten Apex-D die EB verdächtigt, so ist es doch als sicher zu betrachten, daß auch die Oerter der FKa für ihre mittlere Epoche systematische Fehler zeigen werden. Die Trennung dieser Fehler wäre das anzustrebende Ziel bei jeder Verbesserung der FKa in systematischer Hinsicht. Da es aber nicht angeht, aus den Beobachtungen von etwa 20 Jahren schon solche Fehler der EB zu erkennen, bleiben uns nur drei Wege übrig.

6. Möglichkeiten der Systemverbesserung

Der eine ist der, genügend lange zu warten, bis aus den heutigen und zukünftigen Beobachtungen durch ausreichende Summierung der systematischen Fehler der EB dieselben mit Sicherheit erkannt würden. Dieser Zeitraum müßte so ausreichend sein, daß aus den Aenderungen der beobachteten Oerter allein schon, nicht bloß aus der Differenz gegen den Ort der mittleren Epoche des untersuchten FKa, die Ko der EB erkannt und damit von der Ko des genannten Ortes geschieden werden könnte. Aber selbst bei der gesteigerten Möglichkeit der Ausschaltung systematischer Fehlerquellen, z. B. durch einwandfreiere Saalkonstruktion, und größere Aufmerksamkeit ihnen gegenüber als zurzeit der von den bestehenden FKa

verwendeten Beobachtungen, müßten wir wohl noch ein halbes Jahrhundert warten, um auf diesem Wege ein Resultat zu erzielen. Da die Arbeitsmethoden der modernen Stellarstatistik ganz darauf zugeschnitten sind, unter Verzicht auf die durch lange Beobachtungszeiträume erreichbare Genauigkeit und Sicherheit der Resultate, durch schnelle Ernte des mit dem vorliegendem Material Erreichbaren Fingerzeige für die weitere Sammlung von Material zu erhalten, dürfte diese Methode bei den hauptsächlich an genauen EB Interessierten keinen Anklang finden. Die zweite Methode besteht darin, aus den Abweichungen der vorliegenden Beobachtungen gegen die FKa im Verein mit einer eindringenden Diskussion der Grundlagen und Entstehungsweise dieser letzteren und der Möglichkeiten des Einschleichens systematischer Fehler in sie, die erwähnten Abweichungen zu erklären. Schon wegen der Möglichkeit einer Erklärung der beobachteten Differenzen ist diese Methode vorzuziehen, obwohl sie natürlich auch reichlich Schwierigkeiten birgt. Ueber die systematischen Fehler der älteren Beobachtungsreihen wissen wir größtenteils heute auch nicht viel mehr als die Autoren der FS, so daß uns eine Diskussion der Grundlagen nicht weit führen wird. Ferner ist es auch bei eingehendstem Studium der bestehenden S, beziehungsweise der Einleitungen ihrer Verfasser, nicht möglich, ein so klares Bild von den Vorgängen ihrer Entstehung zu gewinnen, daß man sie beispielsweise aus dem Material der Beobachtungs-Ka rekonstruieren könnte. Besonders ist dies leider der Fall mit dem NFK, der ja die Frucht jahrzehntelanger Arbeit, in einem Dutzend von Arbeiten beschriebener Annäherungen, ist. Das Detail dieser langwierigen Vorbereitung des Rohmaterials, der Gewichtsbestimmung usw. ist aber durchaus nicht immer klar ersichtlich. Charakteristisch für diese Unklarheiten ist die beinahe philologisch anmutende Untersuchung Battermann's (Beobachtgs. Ergebn. Berlin 12, S. 14 ff.) über die Genealogie der verschiedenen Auwers'schen S, bei der er jedoch auch zu keinem sicheren Resultat kommt. Sogar Auwers selbst machte bei der Bearbeitung des NFK und der Reduktionstafeln auf ihn einen so überraschenden und sogar das S ändernden Fehler (Astr. Nachr. 175), daß man einem Versuch, aus der Entstehungsweise seines S, wie sie in seinen Arbeiten beschrieben ist, Schlüsse auf die ihn im enthaltenen systematischen Fehler zu ziehen, keine guten Aussichten zuschreiben kann. Es ist dies aber durchaus keine Eigenheit von Auwers allein; Newcomb hat in seinem FKa (S. 226) sogar ausdrücklich erklärt, daß er die Details der Arbeit nicht in dem für eine Revision wünschenswertem Maße gebe, weil zukünftige Astronomen besser täten, die Arbeit zu wiederholen, statt zu kritisieren. Sehr störend für eine Diskussion der Verknüpfung der heute beobachteten Fehler unserer FKa mit der Art ihrer einstigen Zusammenstellung ist die Tatsache, daß man seinerzeit die sKo nur als eine Summe von zwei Funktionen, die eine nur abhängig von der D, die andere nur von der RA, betrachtete. Wie weiter unten zu ersehen ist, geht es nicht mehr an, unsere heutigen Beobachtungen nach dieser rohen Annahme, deren Anwendung einst sicher allein möglich war, zu diskutieren. Der dritte Weg, den schon Newcomb mit der oben erwähnten Bemerkung andeutet, scheint das beste Mittel einer S-Verbesserung, nämlich aus den Beobachtungen der neueren Zeit allein, an verläßlichen Instrumenten in einwandfreien Sälen mit, so gut als heute möglich, bekannten systematischen Fehlern, ein neues S zu bilden. Da die modernen Ka schon ein ziemlich gleichförmiges Material von Sternen zeigen, könnte man bei dieser Neubearbeitung die Boß'sche Methode der S-Bildung anwenden und zwar mit einer viel größeren Zahl von Sternen, als ihr Urheber es seinerzeit konnte. Diese Methode, nur Sterne für die Bildung des Systemes zu verwenden, die allen für dessen Bildung zugelassenen Ka gemeinsam sind, sichert dem entstehendem S gewiß eine größere Gleichförmigkeit in den noch unvermeidlich verbleibenden systematischen Abweichungen gegen die Wirklichkeit als die von Auwers benutzte Methode. Die ebenfalls von Boß zuerst angewandte Methode der Verbesserung der Ka durch Vergleich der Ergebnisse südlicher und nördlicher Sternwarten für dieselben Sterne und daraus errechnete Ko ihrer Refraktionskonstanten würde nach dem Erfolge, den Boß, Kopff und Raymond damit erzielten, ebenfalls anzuwenden sein. Ein weiterer Vorteil bei der Aufstellung eines neuen S gegenüber der bloßen Verbesserung eines alten wäre die Möglichkeit, von Anfang an eine den Anforderungen an einen Fundamentalstern entsprechendere Wahl zu treffen, als dies bei den bestehenden S der Fall war. Doppelsterne, die nicht wenigstens den von Newcomb aufgestellten

Bedingungen (Cat. of fundam. stars, S. 90) entsprechen, wie auch solche mit merklicher Bahnbewegung überhaupt, wären ebenso auszuschließen wie Sterne bis zur zweiten Größenklasse etwa, die ja wegen der Schwierigkeit der Bisektion so heller Objekte auch für D-Beobachtungen verringerte Genauigkeit ergeben. Eine weitere Verbesserung der bisherigen Methoden wäre m. E. auch die Anwendung verschiedener Gewichtssysteme für die Ableitung der Oerter wie der EB. Bei der Ableitung der Oerter der das S definierenden Sterne würde man hiernach jedem Instrument ein Gewicht zuerteilen. Wenn aber an dem Instrument mehrere Ka beobachtet wurden, hätte jeder dieser Ka nur den entsprechenden Bruchteil des für das Instrument geltenden Gewichtes zu bekommen. Umgekehrt würde man für die Ableitung der EB jedem Ka das volle Gewicht seines Instrumentes erteilen, ja vielleicht sogar ein etwas größeres jedem einzelnen von mehreren Ka desselben Instruments. Dadurch würde erreicht, daß die abgeleiteten Oerter nicht in ungebührlichem Maße durch die lokalen oder instrumentalen Eigenheiten der Sternwarten mit vielen Ka beeinflußt würden. Dagegen würden bei den EB die großen Vorteile mehrerer an einem Instrument beobachteter Ka für deren Ableitung durch das beschriebene Gewichtssystem gebührend berücksichtigt. Diese Vorteile würden meiner Meinung den wohl nur gefühlsmäßigen Nachteil überwiegen, daß Oerter und EB, weil nicht durch eine einzige lineare Ausgleichung entstanden, in einer nicht ebenso durchsichtigen Weise verknüpft wären.

II. Die Korrektion $\Delta\delta_\delta$

1. Bestimmung der $\Delta\delta_\delta$

Aber die für jeden der drei möglichen Wege erforderliche Zeit zur Verbesserung des Auwers'schen DS wäre für den verfolgten Zweck zu lange gewesen, zu lang in Hinsicht des zweiten und dritten Weges auch im Verhältnis zu der ja noch geringen Abweichung des NFK von den gegenwärtigen Beobachtungen. Darum wurde auch hier wieder eine Einschränkung auf das Erreichbare und vor allem Notwendige vorgenommen. Die Untersuchung der sKo wurde insofern beschränkt, als nur ihre Größe für eine mittlere Epoche von etwa 1912 der benutzten Ka bestimmt wurde, nicht aber die vorderhand kaum zu lösende Frage der sKo der EB zu lösen versucht wurde. Die später aufgestellte Vermutung über die Entstehung der $\Delta\delta_\alpha$ des NFK kann eben nur wahrscheinlich gemacht, aber nicht bewiesen werden. Wie schon erwähnt, bezieht sich das hier Gesagte immer vor allem auf die $\Delta\delta_\alpha$ und nur nebenbei auf die $\Delta\delta_\delta$. Nach obigen einleitenden Bemerkungen gebe ich nunmehr die Werte der $\Delta\delta_\delta$, wie sie größtenteils von mir bestimmt (jedoch ohne die vorherige Anwendung der erwähnten Boß'schen Korrektion der Kataloge) und für die Bestimmung der $\Delta\delta_\alpha$ benutzt wurden. Die folgende Tabelle gibt für jeden fünften Grad der Deklination die Werte der Mittel der $\Delta\delta$ (Auwers — Ka) in Einheiten von 0″.01, wie sie nach graphischer Ausgleichung der Kurve entnommen wurden, mit dem entgegengesetzten Vorzeichen, das ihnen für die weitere Verwendung zukam. Einer Erläuterung bedürfen hier nur die Mittelwerte: beim „Mittel der Einzelwerte" wurden alle darüber stehenden Zahlen unmittelbar gemittelt, beim „Mittel der Sternwarten-Werte" wurden für jede Sternwarte erst ein Mittel der Zahlen ihrer Ka gebildet und dann aus diesen Zahlen erst das allgemeine Mittel gebildet. Das letztere Verfahren erscheint einwandfreier, weil rein lokalen oder instrumentalen Besonderheiten einer Sternwarte dadurch nicht ein unberechtigtes Gewicht erteilt wird.

2. Diskussion der gefundenen $\Delta\delta_\delta$

Wie man sieht, halten sich diese Mittel, die also die wahrscheinlichsten Werte der Abweichungen des NFK von den modernen Beobachtungen darstellen, in recht kleinen Grenzen. Zwar sind in dem der Uebersicht wegen gewählten großen Intervall viele der vorkommenden Schwankungen verschwunden — eine Interpolation zwischen die angegebenen Werte ist also keinesfalls erlaubt, auch nicht bei den allgemeinen Mitteln — und das Bild dadurch etwas geschmeichelt; aber der Eindruck von der hervorragenden Anpassung des NFK selbst an unsere modernen, fast 40 Jahre nach seiner mittleren Epoche liegenden Beobachtungen, bleibt bestehen. Ueber seine Anpassung an die Wirklichkeit können wir ja bezüglich der

Tabelle der $\Delta\,\delta_8$ des NFK gegen 11 moderne Kataloge

	+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°
Cape I										+ 21	+ 19
Cape II										+ 13	— 6
Cape 1925										— 36	— 33
Pulkowa 1905	— 2	+ 7	+ 8	+ 7	+ 6	+ 7	+ 11	+ 20	+ 20	+ 8	+ 15
Pulkowa 1915	— 14	+ 5	+ 7	— 8	— 5	— 4	— 3	+ 2	— 10	— 29	— 25
Algier	+ 2	+ 7	+ 11	+ 15	+ 18	+ 23	+ 31	+ 40	+ 30	+ 13	+ 19
Greenwich 1900	— 12	+ 2	+ 1	+ 2	— 7	— 18	0	— 8	— 20	— 23	— 14
Greenwich 1910	+ 3	— 3	+ 15	— 7	+ 17	+ 1	+ 23	+ 34	+ 15	— 2	+ 30
Greenwich 1925	— 14	— 10	— 8	— 15	— 18	— 16	+ 17	+ 25	— 15	— 16	— 5
Washington 1900	— 2	+ 7	+ 17	+ 6	+ 20	+ 32	+ 44	+ 55	+ 32	+ 32	+ 43
Washington 1910/2	— 8	— 5	— 2	+ 2	+ 6	+ 10	+ 14	+ 11	0	— 11	— 19
Mitt. d. Einzelwerte	— 6	+ 1	+ 6	0	+ 5	+ 4	+ 17	+ 22	+ 7	— 3	+ 2
Mitt. d. Sternw.-W.	— 5	+ 2	+ 7	+ 3	+ 7	+ 11	+ 19	+ 25	+ 11	0	+ 5

	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	+0°	—5°	—10°	—15°	—20°
Cape I	+ 16	+ 13	+ 10	+ 6	+ 2	— 3	— 8	— 10	— 10	— 6
Cape II	— 11	— 11	— 10	— 16	— 23	— 27	— 28	— 28	— 25	— 15
Cape 1925	— 35	— 30	— 32	— 31	— 38	— 43	— 49	— 55	— 56	— 40
Pulkowa 1905	+ 16	+ 14	+ 15	+ 16	+ 17	+ 19	+ 12	+ 10		
Pulkowa 1915	— 17	— 19	— 13	— 13	— 21	— 17	— 17	— 15		
Algier	+ 29	+ 33	+ 39	+ 41	+ 42	+ 42	+ 39	+ 35	+ 40	+ 58
Greenwich 1900	— 15	— 21	— 15	— 32	— 33	— 30	— 30	— 51	— 42	— 39
Greenwich 1910	+ 25	+ 12	+ 43	+ 17	+ 44	+ 30	+ 26	+ 21	+ 18	+ 55
Greenwich 1925	— 10	— 19	+ 16	— 7	— 4	+ 3	— 3	+ 3	+ 1	+ 33
Washington 1900	+ 55	+ 61	+ 67	+ 72	+ 81	+ 80	+ 73	+ 60	+ 60	+ 72
Washington 1910/2	— 16	— 12	— 7	— 2	0	— 7	— 15	— 22	— 20	— 13
Mitt. d. Einzelwerte	+ 3	+ 2	+ 10	+ 5	+ 6	— 4	0	— 5	— 4	+ 12
Mitt. d. Sternw.-W.	+ 8	+ 5	+ 15	+ 11	+ 12	+ 11	+ 7	+ 2	+ 5	+ 21

Oerter nichts Sicheres aussagen, denn die neu verwendeten Ka sind wieder durchwegs aus Meridianbeobachtungen entstanden und zum größten Teil an denselben Sternwarten und denselben Instrumenten beobachtet. Die gewonnenen Oerter können also möglicherweise mit fast denselben systematischen Fehlern behaftet sein wie der NFK selbst, ohne daß wir dies unseren Differenzen (NFK — Ka) anmerken. Was die EB betrifft, ist ja aus den Vergleichen der Apex-D aus EB und Radialgeschwindigkeiten nachgewiesen, daß die EB zu stark südlich sind. Einige Beobachter glaubten ferner aus Beobachtungen, die bis zu 20 Jahren vor unserer Mittelepoche 1912 liegen, folgern zu müssen, daß die Oerter des NFK schon damals zu weit südlich lagen und zwar werden dafür zum Teil recht beträchtliche Zahlen genannt (bis zu einer Sekunde). Im Verein mit den sicher zu südlichen EB müßten also unsere mittleren Differenzen für 1912 eine Größe von über einer Sekunde besitzen. Diese Aequator-Ko des NFK von etwa einer Bogensekunde verliert aber viel an Wahrscheinlichkeit durch den bloßen Anblick der Zahlen der obigen Tabelle der $\Delta\,\delta_8$. Nicht bloß die Differenzen verschiedener Sternwarten sind selbst von der erwähnten Größenordnung, sondern sogar die Differenzen zwischen den Ko einer und derselben, wie die Zahlen für die beiden Washington-Ka zeigen. Und ebensowenig wie für einen dieser beiden Ka, die die besten der hier betrachteten sind und durch ihre außerordentlich sorgfältige Diskussion gleichermaßen Gewähr für jede mögliche Ausmerzung systematischer Fehler bieten, ebensowenig läßt sich für irgendeinen der anderen oder der als Beweis für die große Aequator-Ko des NFK genannten Ka der Nachweis erbringen, daß gerade er die Wahrheit darstellt. Der Astronom, der für einen — meistens seinen — Ka die Freiheit von systematischen Fehlern in Anspruch nimmt, sagt damit eigentlich mit anderen Worten, daß er der einzige ist, der

die uns rätselhaften Ursachen der großen Abweichungen selbst der besten Beobachtungen kennt und ihren Einfluß zu beseitigen vermochte.

Nach diesen Bemerkungen über die Aussagen unserer Zahlen über eine Aequator-Ko möchte ich noch auf eine auffällige Erscheinung der $\Delta\delta_\delta$ eingehen. Bei allen Ka ist die Stelle um $+40^0$ eine Gegend schneller Aenderung der $\Delta\delta_\delta$. Bei einigen Ka läßt sich aber überhaupt unter keinen Umständen eine stetige Kurve durch die aufgetragenen Punkte legen, sondern die Kurve muß mit einem manchmal beträchtlichen Sprung die Kluft zwischen zwei Werten überbrücken. So ist bei Gr 25 zwischen den $\Delta\delta_\delta$ von $+39^0$ ($+15$) und $+41^0$ (-23) ein Sprung von fast 0.4″ vorhanden. Bei Betrachtung aufeinanderfolgender Ka desselben Instruments gewinnt man den Eindruck, daß sich der Sprung mit fortschreitender Zeit verschärft, also den EB zuzuschreiben ist. Eine Erklärung dafür könnte man in der Art finden, in der Auwers durch Verbesserung seines alten FK den NFK herstellte. Da die Art der Entstehung seines S auch für die später auftauchende Frage nach der Erklärung der gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ wichtig ist, will ich schon hier auf dieselbe näher eingehen.

3. Entstehung des Deklinationssystem des NFK

Als das S, das Auwers als das wahrscheinlichste unter den überhaupt erreichbaren Annäherungen an die Wahrheit erscheint, definiert er in der grundlegenden Arbeit (Astr. Nachr. 164) dasjenige, das die Mitte hält zwischen allen unabhängigen Bestimmungen der Koordinaten unserer Fundamentalsterne. Von der großen Anzahl der verwendeten Ka erwartete er die Ausgleichung der in ihnen enthaltenen systematischen Fehler bis auf verschwindende Reste, wenn es nur gelänge, allen Beobachtungsreihen das richtige Gewicht zu erteilen. Dieses Vertrauen auf die ausgleichende Wirkung richtig bemessener Gewichte selbst gegenüber systematischen Fehlern wird man heute nicht mehr teilen. Bekanntlich sagt ja die Fehlertheorie über die Eliminierung solcher Fehler überhaupt nichts aus. Billigt man mit ihnen behafteten Reihen trotzdem die der Theorie der zufälligen Fehler entnommenen Gewichte zu, so spricht man damit nur einzelnen Beobachtungsreihen einen gewissen Liebhaberwert zu. Ist es noch dazu ziemlich sicher, daß diese Beobachtungen, weil unter wenig verschiedenen Bedingungen in bezug auf die Hauptfehlerquelle, die Refraktion, angestellt, ziemlich denselben Verlauf ihrer systematischen Fehler zeigen, so kann keine noch so gewiegte Wahl von Gewichten den Ausgleich bewirken. Wegen der zu wenig verschiedenen Polhöhen der Hauptsternwarten Europas ist auch auf eine Eliminierung der Biegungen nur auf kurze Strecken zu rechnen. An die Unabhängigkeit der Ka stellt Auwers nur die eine Bedingung, daß die beobachteten Zenitdistanzen durch Anschluß an den Pol in D verwandelt wurden. Die weitere wichtige Bedingung, daß die Refraktionskonstante aus den Beobachtungen in oberer und unterer Kulmination selbständig bestimmt wurde, hat er nicht beachten können, weil sonst die Anzahl der verfügbaren Ka zu klein geworden wäre. Das Verfahren von Boß scheint hier doch das bessere zu sein. Er legt zwar noch größeren Wert auf richtig abgestufte Gewichte in systematischer Hinsicht, aber nur weil er mit Recht glauben durfte, den größeren Teil der systematischen Fehler vorher aus den Ka entfernt zu haben und den Rest als zufällige Fehler betrachten zu können. Um der Refraktion in ihrer verfälschenden Wirkung auf die Ka mit nicht selbständig bestimmter Refraktionskonstante zu begegnen, führt er die Methode des Vergleichs solcher Ka der nördlichen und südlichen Sternwarten ein. Dadurch macht er alle von ihm benutzten Reihen zu absoluten im strengeren Sinne. Auwers dagegen legt sein S zwischen die unverbesserten Einzel-S. Das Material liefern ihm die an mehreren Stellen mitgeteilten Reduktionstafeln aller stimmfähigen Ka auf sein altes A.G.-System, das die Rolle einer ersten Annäherung bei der Aufstellung des NFK spielt. Durch Ausgleich der in diesen Tafeln enthaltenen $\Delta\delta_\delta$, $\Delta\delta_\alpha$ usw. nach der Zeit, erhält er eine Ko der Oerter für 1875 wie der EB der in der betrachteten Zone liegenden Sterne des A.G.-Kataloges. Bei der Ausgleichung der $\Delta\delta_\delta$ trennt er nach 5^0 breiten D-Zonen und benützt von $+40^0$ an auch südliche Ka. Bevor er die Werte südlicher und nördlicher Ka in der ihnen gemeinsamen Zone vereinigt, bringt er eine mit der oben erwähnten Boß'schen Ko identische Reduktion an, die er allerdings nur durch rohe Ueberschlagsrechnung findet und nur von 60^0 Zenitdistanz

an benützt. An die durch Ausgleichung gefundenen Ko für $+30^0$ bis $+45^0$ bringt er zur Beseitigung kleiner Sprünge noch weitere Verbesserungen unbekannter Herkunft an. Aus dieser Darstellung des Vorganges sieht man schon, daß die Stelle um $+40^0$ für einen Sprung prädestiniert ist als die „Naht" zwischen nördlichen und südlichen Ka. In der von Auwers auf S. 237/8 gegebenen Tabelle der endgültigen Reduktionen des alten FK auf den NFK fällt das $\Delta\delta_\delta$ für $+40^0$ und auch seine hundertjährige Aenderung sichtlich aus den einschließenden Werten heraus. Berechnet man allerdings die Größe der Ko für 1912 einmal mit den von Auwers gegebenen Zahlen (— 0″.108) und den durch Interpolation zwischen die beiden einschließenden gefundenen (— 0″.092), so ist der Unterschied verschwindend. Aber dies zeigt nur, daß eben auch die Nachbarwerte verfälscht sind.

4. Erklärung einer Sprungstelle in den $\Delta\delta_\delta$

Der größere Teil der sprunghaften Differenz dürfte aber einer anderen Ursache zuzuschreiben sein, deren Wirkung durch diesen Anschluß bei $+40^0$ noch gesteigert wurde. Dazu ist es nötig, auf die Rolle, die der Ka Bradley, der ja von Auwers neubearbeitet wurde, in dessen NFK spielt, näher einzugehen. Dieser Ka bildete die Grundlage des alten A.G.-Kataloges, da die EB dieses Vorläufers des NFK aus der Differenz der Bradley-Oerter für 1755 und eines aus mehreren Greenwich-Ka kombinierten Ka für 1867 gebildet wurden. Er war also damals für Auwers ein absoluter, das S definierender Ka. Boß und Newcomb haben ihn als sekundären Ka benützt, das heißt, sie haben an ihn Ko angebracht, die ihn auf ihr vorher gebildetes S reduzierten. Durch den großen Einfluß, den ihr mit dem Quadrat der Zeit eingehendes Gewicht auf das Gewicht der EB nimmt, läßt sich der verderbliche Einfluß der systematischen Fehler so früher Ka wie Bradley, Tobias Mayer auf diese wichtigste Angabe unserer FK erkennen. Es ist in dieser Hinsicht zu beachten, daß Auwers (A. N. 164, S. 235/6) zwar Bradley bei der individuellen Verbesserung nur ein Gewicht von 0.2 im Vergleich zu einem von 0.9 von Pulkowa 1885 für eine Beobachtung zuerteilt, bei der Verbesserung des S aber ein Gewicht von 2 gegenüber einem von 3 für denselben Pulkowa-Ka. Dadurch geht Bradley mit denselben oder z. T. noch höheren Beträgen in das Gesamtgewicht einer EB-Ko ein wie ganze Gruppen von modernen Ka mit Gewichtssummen bis 21. So gibt zum Beispiel Bradley zum Gewicht einer solchen Ko einen Beitrag von 2.29, wenn man das Jahrhundert als Einheit nimmt; dagegen liefert die aus den sechs modernsten, von Auwers noch benützten Ka bestehende Gruppe mit einem Gesamtgewicht von 14 nur einen Beitrag von 1.52. Zwar macht Auwers durch die Anwendung von Ko an Bradley sowie durch die eingeschränkte Verwendung für die Begründung des NFK-Systems Konzessionen an jene Kritiker seines A.G.-Systemes, die seine hohe Bewertung Bradley's als absoluten Stützpunkt desselben tadelten. Aber die fast gänzliche Unkenntnis der Beobachter vor der eigentlichen Auswirkung von Bessel's Tätigkeit über die mannigfachen Quellen systematischer Fehler sowie die Unmöglichkeit, ihre Beobachtungen in Unkenntnis der Fehler ihrer Barometer, Thermometer usw. wenigstens nachträglich davon zu befreien, läßt solche Ka vor Bessel als Grundlage von S überhaupt ungeeignet erscheinen.

Bei der Bildung des NFK tritt Bradley eigentlich weder als absoluter, noch als sekundärer Ka auf. Auwers bringt allerdings an ihn Ko an, deren Ableitung er nicht angibt. Aus seiner Angabe, „daß auch die Bradley'schen Oerter, zur Beseitigung einer bei der ersten Annäherung verbliebenen systematischen Abweichung, Reductionen $= f(\delta) + f(\alpha)$ erhalten haben ....", möchte man schließen, daß diese Reduktionen aus dem in wiederholten Annäherungen reduziertem Bradley'schen Beobachtungsmaterial gewonnen wurden, der Ka also ein absoluter bleibt. Es ist auch nicht einzusehen, woher Auwers sonst die Reduktionen gewonnen haben könnte, da sein eigenes System, auf 1755 übertragen, ihm jedenfalls keine solchen geliefert haben kann, sondern nur die Bradley'schen Oerter ergeben hätte plus der kleinen Differenz zwischen dem für die Ableitung der Eigenbewegungen als Endpunkt geltendem Ka für 1867 und dem als Grundlage der Oerter dienendem Pulkowa-Ka für 1865. Für die Bildung des S des NFK benützt Auwers Bradley aber nur bei der Bestimmung der $\Delta\delta_\alpha$ und $\Delta\alpha_\alpha$ des alten A.G.-Kataloges. Es wäre aber falsch zu glauben, daß Bradley dadurch keinen Einfluß

auf das S in Hinsicht der $\Delta\delta_\delta$ und $\Delta\alpha_\delta$ gewonnen hätte. Bradley wurde nämlich zur Ableitung der Oerter und EB innerhalb des S vollauf benützt, ohne vorher ausdrücklich auf das System reduziert worden zu sein, denn es ist wie gesagt sehr unwahrscheinlich, daß die von Auwers angebrachten Ko wirklich Reduktionen auf das S des NFK, der ja erst unter Zuhilfenahme von Bradley abgeleitet wurde, darstellen. Er kann nur in Hinsicht der $\Delta\delta_\delta$ und $\Delta\alpha_\delta$ einen geringeren Einfluß auf das System gehabt haben, weil seine Gewichte in bezug auf iKo geringer sind als die in systematischer Hinsicht. Bei dem großen Faktor aber, mit dem bei der Ableitung der EB durch das Quadrat der Differenz (Mittlere Epoche minus Ka-Epoche) dieses Gewicht im Gesamtgewicht eingeht, ist der Einfluß eines Ka mit einer derart weit abliegenden Epoche unter keinen Umständen zu unterschätzen. Nun sind aber die Bradley-Oerter im allgemeinen, und die Stelle um $+43^0$ Deklination ganz besonders stark, höchstwahrscheinlich sehr entstellt durch eine Ko Δz, die Auwers (Neue Reduction d. Bradley'schen Beobachtung., Bd. 1, S. 581) an die Zenitdistanzen anbrachte. Diese Δz sind für die hier in Betracht kommenden Beobachtungen in der Südlage des Bradley'schen Quadranten, vom Zenit bis zum nördlichen Solstizium aus der sogenannten „Tobias Mayer'schen Korrektion", zwischen den beiden Solstizien aus einem Mittel dieser Korrektion und einer durch die Bradley'schen Sonnenbeobachtungen gelieferten entstanden. Der Fehler, den Tobias Mayer bei seinem Quadranten entdeckt zu haben glaubte und durch die Ko unschädlich machen wollte, soll nach ihm dadurch entstehen, daß der Limbus des Quadranten nicht überall genau eben ist. Da das Fernrohr durch eine Feder mit zwei Führungsrollen am Limbus geführt wird, glaubte Mayer annehmen zu müssen, daß es sich und das Fadenkreuz immer parallel zur jeweiligen Stelle des Limbus stelle, wodurch dann der Fehler entsteht. Bessel, der selbst nie einen Mauerquadranten kennen lernte, erwähnt in seinen „Fundamenta Astronomiae" diese Ko, deren Realität er auf die Autorität Mayer's hin annimmt, bemerkt aber, daß Bradley's Quadrant keine solchen Ungleichmäßigkeiten besessen haben könne, da sie ein Bradley sonst sicher entdeckt hätte. In dem Dankschreiben für die Uebersendung der „Fundamenta . ." schreibt Gauß an Bessel: „Ich muß Ihnen offenherzig bekennen, daß ich mich nie von der Gültigkeit dieser ganzen Correction habe überzeugen können. Es scheint mir, daß wenn die Unebenheit des Limbus eine solche Wirkung, wie Mayer voraussetzt, hervorbringen sollte, man notwendig eine Torsion des Fernrohrs voraussetzen müsse, und daß diese stattfinde, kann ich mir schwerlich als möglich denken. Uebrigens scheint mir aus öfteren Erfahrungen an dem hiesigen Quadranten auch f a c t i s c h hervor zu gehen, dass dies nicht ist. Der Kasten der Röhre, der das Fadennetz enthält, schiebt sich nicht unmittelbar sondern vermittels zweier (stellbarer) Rollen auf dem Limbus (was auch für die Sache selbst einerlei ist) und an den Stellen, wo der Quadrant merkliche Ungleichheiten hat, geht sogleich die eine Rolle allezeit leer. Ich glaube daher nicht, daß der Faden den Ungleichheiten des Limbus immer insofern folgt, dass er überall auf dem Limbus senkrecht ist (wie Mayer annimmt), sondern dass er sich und der Drehungsachse parallel bleibt oder genauer mit diesem in einer Ebene bleibt, denn eine kleine Biegung des Fernrohrs in dem auf der Fläche des Instruments senkrechten Sinn kann man ganz wohl und muß man annehmen." (Briefwechsel Gauß-Bessel, S. 269/270). Hierzu wäre noch zu bemerken, daß der Quadrant, an dem Gauß mit negativem Erfolg diese Versuche anstellte, Mayer's eigener Quadrant mit „merklichen Ungleichheiten" war. In Bessel's Antwort (Briefw. S. 275) verteidigt dieser eine Torsion des Fernrohrs und weist auf die Möglichkeit eines Spielraums der Fernrohrachse hin. Aber im folgenden Briefe Bessel's (S. 279) bekennt er seinen Glauben an die von Gauß erkannte Unzulässigkeit der Mayer'schen Korrektion, bedauert deren Erwähnung in seinem Werke und bittet Gauß um die öffentliche Bekanntgabe seiner richtigen Ansicht. Auwers, der Herausgeber des eben zitierten Briefwechsels, hielt sich gegen die Ansicht eines Gauß, Bessel und eigentlich auch Bradley berechtigt, diese Ko doch anzubringen. Er bestimmt sie nach der Mayer'schen Methode aus Sterndurchgängen am Quadranten, auf die eine Unebenheit ja sicher Einfluß hat, die er mit gleichzeitigen Durchgängen am Passageninstrument Bradley's vergleicht. Daß Bradley solche gleichzeitigen Beobachtungen anstellte und selbst schon die Differenzen bildete, weil er offenbar an die Möglichkeit eines solchen Fehlers ebenfalls eine Zeitlang

dachte, bildete für Auwers den Hauptgrund zur Anbringung dieser Ko, obwohl er doch manchmal Zweifel durchblicken läßt. Bei seiner „Bearbeitung der Bradley'schen Beobachtungen an den alten Meridianinstrumenten der Greenwicher Sternwarte" (1912—1914) mußte er sich aber überzeugen, daß diese Ko doch unstatthaft war. Er sagt: „Es war außerdem von Interesse hier, wo die Verbiegungen des Limbus mit großer Sicherheit ermittelt waren, an Hand eines großen Beobachtungsmaterials die zwischen Gauß und Bessel controvers gebliebene Frage nach der Richtigkeit der T. Mayer'schen Theorie für die Verbesserung der mit einem Mauerquadranten gemessenen Zenithdistanzen schärfer als dies bisher möglich gewesen ist zu prüfen." (Bd. II, S. 39.) Nach dem oben Gesagten war Auwers übrigens im Irrtum, die Frage zwischen Gauß und Bessel als unentschieden geblieben zu erklären. Er bildet nun zur Prüfung die Differenzen der auf 1745 übertragenen Oerter des Ka Bradley 1755 gegen die Oerter des Ka 1745 einmal ohne Mayer'sche Ko der letzteren und dann mit einer solchen. Das Ergebnis faßt Auwers in die Worte: „Ferner werden aber die Beträge der Restabweichungen und ihre Schwankungen dermaßen vergrößert, daß die Correction Δz, außer vielleicht an dem besonders stark verbogenen Ende des Quadranten, durchaus illegitim erscheint." Da die Oerter des Ka für 1755 eine solche Ko ohnehin schon enthalten, habe ich ihren Betrag wieder abgebracht und den Vergleich mit den so gewonnenen Oertern 1755 wieder durchgeführt. Es ergeben sich dabei sogar noch größere Beträge und Schwankungen der erwähnten Restabweichungen als sie Auwers fand.

Diese zu Unrecht an Bradley 1755, dessen Einfluß auf den NFK vorhin gekennzeichnet wurde, angebrachten Ko sind in der Gegend um $+43^0$ am größten und werden durch die von Auwers angebrachten Ko an die Bradley'schen Oerter (Astr. Nachr. 164, S. 225/6), die ich oben erwähnte, nur zum verschwindenden Teile unschädlich gemacht, zum Teil sogar noch vergrößert. In der folgenden Tabelle stellen die $(-\Delta z)$ die Größe der Mayer'schen Ko in ihrer Wirkung auf die D von Bradley dar, die $\Delta\delta_\delta$ die vor der Benützung am NFK angebrachten Ko desselben durch Auwers (in Hundertstel Bogensekunden).

$(-\Delta z)$ nach Auwers-Bradley 1755, Bd. 1, S. 581:

$+41^0{,}5$	$42^0{,}0$	$42^0{,}5$	$43^0{,}0$	$43^0{,}5$	$44^0{,}0$	$44^0{,}5$	$45^0{,}0$	$45^0{,}5$	$46^0{,}0$	$46^0{,}5$
+ 44	+ 60	+ 84	+ 143	+ 189	+ 175	+ 128	+ 94	+ 64	+ 45	+ 30

$\Delta\delta_\delta$ nach A. N. 164:

+ 19	+ 14	+ 9	+ 3	— 3	— 9	— 12	— 15	— 15	— 15	— 14

Summe beider Ko:

+ 63	+ 74	+ 93	+ 146	+ 186	+ 166	+ 116	+ 79	+ 49	+ 30	+ 16.

Aus der letzten Zeile sind die großen Restbeträge ersichtlich, mit denen die Mayer'sche Ko noch in Bradley 1755 steckte, als Auwers ihn für die Verbesserung des NFK benützte. Dementsprechend zeigen alle acht hier benützten Ka der nördlichen Sternwarten in dieser besonders stark betroffenen Gegend starke Unregelmäßigkeiten im Gang der $\Delta\delta_\delta$ und, wie schon erwähnt, sogar Sprünge, ohne daß sich der Einfluß von Bradley und der der „Naht" bei $+40^0$ klar trennen ließen. Bei allen acht Ka einheitlich zeigt sich, daß in der Gegend um $+43^0$ der NFK stark südlicher liegt als in der Umgebung. Tatsächlich muß die unrichtige Verschiebung der Bradley-Oerter nach Norden zu südliche EB ergeben haben, womit das Vorzeichen der Abweichung richtig erklärt ist. Aus der komplizierten Ueberlagerung ganz unübersichtlicher Einflüsse erhellt aber wieder deutlich die Schwierigkeit, aus dem NFK durch eine sogenannte Verbesserung ein wirklich gleichförmiges S herzustellen. Trotz des Gesagten wird man sich allerdings auch wieder hüten müssen, jede Differenz (NFK — Beobachtung) unbedingt dem NFK zuzuschieben. Mit dem gleichen Mißtrauen würde man andererseits einen Ka betrachten müssen, der mit dem NFK in glänzender Uebereinstimmung ist. Bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse über die systematischen Fehler der D bleibt für schon bestehende Ka nichts Besseres übrig, als sie mit gleichem Gewicht zu einem Mittel zu vereinigen und dieses mit dem NFK zu vergleichen. Die Differenz können wir nur als die für die Epoche des Mittels gültige Ko der Oerter ansehen, solange nicht gewichtige Gründe für eine Ko der EB sprechen.

5. Verbesserungsmöglichkeiten

Eine zukünftige Besserung dieses von Kapteyn in seiner letzten Arbeit (Bull. Astr. Inst. Netherl. 14) eindrucksvoll beklagten, deprimierenden Zustandes ließe sich nur durch ausgiebige Verwendung anderer als der Meridianmethode erreichen; es ist sehr zu bedauern, daß nicht wenigstens die schon solang bekannte Methode der Durchgänge im ersten Vertikal an erstklassigen, den im Meridian aufgestellten ebenbürtigen Instrumenten öfters zur Beobachtung von Fundamentalsternen verwandt wurde. Dabei wäre allerdings vorher eine weitaus stabilere, von unseren jetzigen Konstruktionen sicherlich stark abweichende Form des Niveaus einzuführen, dessen Fehler ja voll eingehen bei dieser Methode. Die zu wenig beachteten Erfahrungen der Geodäten bei ihren Zeitbestimmungen zeigten (Veröff. Preuß. Geod. Inst. 1895, S. 148), daß der Fehler einer Achsennivellierung auf die Hälfte sinkt bei der Methode der Nivellierung durch Umlegen des Niveaus mit der Achse statt durch Umhängen, daß also letzteres nicht ohne Nullpunktsänderungen zu bewerkstelligen ist. Die überraschende, aber nicht zu bezweifelnde Ueberlegenheit transportabler Passageninstrumente über die großen und fest aufgestellten Meridianinstrumente mit ihren, durch ihre weitausladende Form noch viel unstabileren Niveaus ist vor allem darin begründet. Dagegen ist der Methode des ersten Vertikals ein schwerwiegender Vorteil entstanden durch die inzwischen erfolgte erhebliche Steigerung der Genauigkeit der Uhren selbst, wie der Methoden ihrer Untersuchung. Außer von dem Niveau hängt sie ja noch von der Verläßlichkeit dieses heute genauesten Meßwerkzeuges der Astronomie ab. Es wäre für die vorliegende Untersuchung sicherlich von entscheidendem Werte gewesen, wenn wenigstens einige Reihen von Beobachtungen im ersten Vertikal vorgelegen hätten; die Beschränkung auf südliche Zenitzonen wäre kein Hindernis für die Erkennung systematischer Fehler der D, wenn einige in verschiedenen Polhöhen liegende Sternwarten solche Beobachtungen liefern würden und damit schon die Größe der Fehler an mehreren Stellen bekannt wäre. Für Meridianinstrumente bleibt zur Erkennung solcher Fehler zwar keine Veränderung der Beobachtungsmethode, aber wenigstens eine der einflußreichsten Beobachtungsbedingung, der Refraktion, als wünschenswert übrig. Der außerordentlich geringe tägliche wie jährliche Temperaturgang der Luft über ozeanischen Inseln (jährliche wie tägliche Amplitude von der Größenordnung 1^0) würde eine längere Beobachtungsreihe auf einer solchen wertvoller machen als eine solche im Innern eines großen Kontinents. Nach diesen, die Frage nach Größe, Realität und Entstehung der $\Delta\delta_\delta$ des NFK natürlich nicht erledigenden Bemerkungen über die von mir abgeleiteten Werte dieser Ko wende ich mich zur Diskussion der $\Delta\delta_\alpha$, des eigentlichen Zieles dieser Arbeit.

III. Bestimmung der $\Delta\delta_\alpha$

1. Ueber den Begriff der systematischen Korrektionen

Ich erwähnte schon die Unzulänglichkeit der bisher stets angewandten Form sKo durch Zerlegung in die Summe zweier Funktionen, eine nur von der RA, die andere nur von der D abhängig.

Sie wurde durch eine Arbeit von Kopff (Astr. Nachr. 225) über die $\Delta\delta_\alpha$ der Ka Washington 1910/12 und Oertel als heute nicht mehr nötig und vor allem als nicht vereinbar mit der Genauigkeit jetziger guter Ka nachgewiesen. In der Praxis wird die Funktion $f(\alpha, \delta)$ statt der früheren $f(\alpha) + f(\delta)$ dargestellt durch $f(\delta) + f(\alpha)_\delta$, wobei $f(\alpha)_\delta$ eine Funktion der RA ist, die aber für einzelne D-Zonen getrennt bestimmt wird, statt wie vorher für alle Sterne der betreffenden RA-Stunde zu gelten. Diese Methode wurde auch für die hier untersuchten Ka beibehalten. Da mit ihrer Anwendung die Frage nach der Definition und praktischen Bestimmung und Trennung der sKo eines Ka von den iKo auftritt, möchte ich hier Einiges dazu bemerken. In der Literatur findet man keine eindeutige Definition dieser Größen. Das Gegebene sind Differenzen von Oertern eines FK gegen solche eines Beobachtungs-Ka. Diese Differenzen stellt man üblicherweise als eine Summe von drei Zahlen dar: der sKo, der iKo und des zufälligen Fehlers der Beobachtung. Da man aber weder vom Beobachtungs-Ka noch vom FK Uebereinstimmung mit der Wahrheit voraussetzen kann, ist die Zuweisung der sKo an einen von beiden Willkürsache. In Wirklichkeit stellt sie selbst wieder eine

Differenz dar, nämlich die Differenz der sKo beider Ka gegenüber den wirklichen Koordinaten; die tatsächliche Zerlegung läßt sich aber in den seltensten Fällen durchführen. Die Definition der iKo und damit auch der sKo hängt davon ab, wie man aus den Beobachtungen mehrerer Sterne die Verzerrung zu bestimmen pflegt, die das jeweilige S von der Wirklichkeit liefert. Da man üblicherweise die Koordinaten mehrerer Sterne zu einem Mittel vereinigt und dieses Mittel als einen für das S in der betreffenden Region repräsentativen Stern ansieht, definiert man die sKo so, daß die Summe der von ihr abweichenden iKo Null wird. Für die durch Ausgleichung mehrerer iKo erfolgende Verbesserung innerhalb des S ist überhaupt bloß die Summe von iKo und zufälligem Fehler nötig, weil letztere annahmegemäß durch die Ausgleichung unschädlich gemacht werden. Die Bestimmung dieser Summe setzt die vorherige Bestimmung des dritten Summanden, der sKo, voraus. Sie ist möglich, weil mit wachsender Anzahl der zu einem Mittel vereinigten Sterne auch die Summe der zufälligen Fehler sich der Null nähert, also das Mittel für viele Sterne sich immer mehr dem definierten Betrag der sKo nähert.

Schon dadurch wie durch die Entstehung aus einer beträchtlichen Zahl nur zum kleineren Teil bekannter Ursachen ist sie als rein empirische Funktion gekennzeichnet und sollte nie, wie früher so häufig, als analytischer Ansatz aufgestellt und aus den Beobachtungen durch die Maschinerie der Ausgleichsrechnung herausgezogen werden. Newcomb wendet sich in der Einleitung seines FK gegen die „übertriebene", wie man weiß besonders von Auwers gepflegte, Art der Bestimmung und Anbringung von sKo. Er hält die Anbringung von Ko, deren Entstehung aus bekannten Fehlerquellen man nicht kennt, für unzulässig. Wenn man diesem Standpunkt streng folgen würde, müßte man auf die Ableitung genauer D heute noch verzichten. Newcomb selbst hält sich allerdings nicht an diese puritanische Meinung; er bringt Ko an, deren Gesetz sehr hypothetisch ist (wie z. B. lineare Abnahme vom Aequator zum Pol) und in keiner Weise aus bekannten Fehlerquellen zu begründen. Er wendet sich ferner gegen die Anbringung von Ko, deren Entstehung aus rein zufälligen Häufungen der zufälligen Fehler der gemittelten Oerter möglich wäre. Hier muß man beachten, daß die Summe der iKo definitionsgemäß verschwindet, die Summe der zufälligen Fehler dagegen nur den Gesetzen der Fehlertheorie gehorcht. Also nur auf die letzteren dürfte Newcomb seinen Einwand eigentlich stützen. Aber selbst die Summe der zufälligen Fehler ist noch davon abhängig, was man als solchen zuläßt. Tritt wirklich eine Häufung solcher Fehler in größerer Zahl mit fast gleichem Betrag auf, so ist man ebenso berechtigt, an der betreffenden Region des Himmels eine systematische Verfälschung der Beobachtungen anzunehmen. Die Tatsache, daß man einer solchen von Stelle zu Stelle schnell wechselnden (z. B. Zapfenungleichheiten, individuelle Strichfehler) Fehlerursache weniger leicht auf die Spur kommt als einer einheitlich nach bestimmtem Gesetz alle Beobachtungen treffenden, sollte nicht genügen, um sie schon unter die Kategorie der zufälligen Fehler einzureihen. Letztere sollte nur auf die Häufungen der, wegen ihrer Kleinheit und zeitlich wie örtlich gänzlich willkürlichen Auftretens unfaßbaren, Fehleratome (oder Elementarfehler nach Hagen) beschränkt sein. Und selbst wenn man die Geschmackssache der Frage der Benennung dieser Fehler beiseite läßt, kann man Newcomb nicht zustimmen, der von der Anbringung solcher scheinbarer sKo eine Verfälschung der Beobachtungen befürchtet. Es mag von einem anderen Standpunkt vielleicht ungerechtfertigt sein, sie unter d i e s e m Titel aus den Beobachtungen zu entfernen, aber d a ß man einen Mittelwert wenigstens einer solchen angenommenen bloßen Häufung zufälliger Fehler wieder in Abzug bringt, kann doch offenbar die Beobachtungen nur verbessern und nicht verschlechtern. Eine kleine Ueberschlagsrechnung für die hier gebotenen Zahlen soll den möglichen Einfluß zufälliger Fehler auf sie klarstellen. Jede der unten folgenden Zahlen des allgemeinen Mittels ist entstanden aus den Oertern von durchschnittlich acht Sternen mit durchschnittlich mindestens zehn Beobachtungen in elf Ka, also etwa 900 Beobachtungen. Es ist selbst bei ungünstiger Annahme des zufälligen Fehlers der Ka danach nur mit einer Unsicherheit in der Größenordnung von einem Hundertstel der Bogensekunde zu rechnen, die die Werte des allgemeinen Mittels durch zufällige Fehler erleiden. Diese Bemerkungen waren notwendig, weil die erwähnten Einwände in verstärktem Maße gegen die hier gewählte Art der Bestimmung der $\Delta\delta_\alpha$ erhoben werden

könnten. An und für sich ist ja die Entscheidung über die Realität bei den $\Delta\delta_\alpha$ schwieriger als bei den $\Delta\delta_\delta$, weil bei ihnen ein singulärer Punkt, wie das Zenit bei jenen, fehlt. Ko dieser Form wurden weder von Boß noch von Newcomb bei der Aufstellung ihrer Systeme angebracht, weil sie von beiden als zu vernachlässigende oder wenigstens aus den damaligen Beobachtungen nicht zu bestimmende Größen angesehen wurden. Mit anderen Worten, beide hielten den bereits 1877 erschienenen Boß'schen Ka „Declinations of fixed stars", der die Grundlage ihrer D-S bildet, für fehlerfrei in dieser Hinsicht. Bei allem Respekt vor diesem klassischen Werk der Fundamentalastronomie darf diese Annahme wohl bezweifelt werden. An den Ka Bradley 1755, den beide benützen, wenn auch nicht als absoluten, bringt nur Boß eine Ko $\Delta\delta_\alpha$ an. Obwohl der NFK also nicht etwa einer solchen Ko bedürftiger erscheint, soll hier nicht bloß nach der bisherigen einfachen und aussichtsreicheren Methode, sondern nach Kopff's Erfolg mit der Trennung nach D-Zonen nach dieser untersucht werden.

2. Bestimmung der $\Delta\delta_\alpha$

Demgemäß war die Bearbeitung der Differenzen (NFK — Ka) = $\Delta\delta$ folgende. Von jedem einzelnen $\Delta\delta$ wurde das seiner D entsprechende $\Delta\delta_\delta$, aus der nicht zu glatt durch die Zonenmittel der $\Delta\delta$ gelegten Kurve entnommen, abgezogen. Jeder Ka wurde natürlich mit dem $\Delta\delta_\delta$ korrigiert, das sich aus der Kurve seiner eigenen $\Delta\delta$ ergab, also nicht mit dem oben erwähnten Mittel $\Delta\delta_\delta$ aller Ka. Diese Differenzen ($\Delta\delta - \Delta\delta_\delta$) wurden in D-Zonen von je 10^0 Breite nach der RA geordnet und dann durch überschiebende Mittel von meist drei Stunden Länge gemittelt. Durch die erhaltenen Werte wurde wieder eine Kurve gelegt. Da diese Mittel aus einer wesentlich kleineren Anzahl von Sternen entstanden sind als bei der früheren Art der Mittelung über alle D weg, wurde absichtlich anfangs eine sehr glatte Kurve durch die aufgetragenen Punkte gelegt ohne Rücksicht auf die dadurch entstehenden Abweichungen bis zu 0″.15 zwischen Punkten und Kurve. Aber ein Vergleich der Stellen, bei denen diese Abweichungen bei mehreren Ka auftraten, zeigte immer wieder, daß die Kurven zu glatt waren und daß an den betreffenden Stellen eine reelle Abweichung vom NFK vorlag. Die Kurven wurden hierauf neu gezeichnet, aber immer noch mit einiger Freiheit, wenn dadurch nur kleinere Abweichungen als früher entstanden. Wie unten erwähnt, wurden die Kurven mehrerer Ka derselben Sternwarte in eine gemeinsame zusammengefaßt. Bei dieser Vereinigung erwies sich abermals das übereinstimmende Vorkommen vieler kleiner, bei den Einzelkurven vernachlässigter Abweichungen zwischen Punkten und Kurven, so daß die letzteren abermals verbessert werden mußten. Zum letzten Male zeigte sich die Notwendigkeit eines engeren Anschlusses an die Punkte bei der Zusammenfassung der Kurven für die einzelnen Sternwarten zu einer allgemeinen Kurve der $\Delta\delta_\alpha$ des NFK. Aus technischen Gründen kann ich leider nicht alle Kurven wiedergeben, wodurch vieles von dem im folgendem Gesagten an Anschaulichkeit und unmittelbarer Beweiskraft verliert. Die folgenden Tabellen geben das $\Delta\delta_\alpha$ für den Anfang jeder Stunde, abgelesen aus den Kurven. Wegen der schon erwähnten geringen Differenz zwischen Punkten und Kurve ist dies gleichbedeutend mit der Angabe der für die Mitte der Stunde geltenden nicht ausgeglichenen Mittel der ($\Delta\delta - \Delta\delta_\delta$), also der Differenz NFK minus Ka. Die Einheit der Zahlen ist hier 0″.005. Trägt man sie in Millimetern auf und gibt der Stunde eine Länge von 1 cm, so erhält man die Kurven, wie ich sie zeichnete. Ich bemerke dies wegen der Abhängigkeit des Eindrucks einer Kurve von den Maßstäben ihrer beiden Koordinaten. Die letzten Zeilen der Tabellen sind in 0″.01 angegeben. Die Vereinigung mehrerer Ka-Kurven zu einer einzigen geschah mit den hier gegebenen Zahlen, ebenso die Vereinigung der Sternwarten-Kurven zur allgemeinen Kurve der $\Delta\delta_\alpha$ des NFK. Die Vereinigung der Kurven verschiedener Ka einer Sternwarte zu einer (mit gleichem Gewicht) bedarf wohl keiner Begründung. Ein Gang nach der RA wird ja wohl ausschließlich das Ergebnis des täglichen wie jährlichen Temperaturganges auf Instrument sowohl wie die Atmosphäre und die Abweichung ihrer Schichtung von derjenigen der Refraktionstheorie sein. Differenzen der einzelnen Ka, wie sie bei den $\Delta\delta_\delta$ aus willkürlichen oder unerkannten Aenderungen am Instrument, in der Art der Reduktion usw. leicht auftreten können, sind hier wegen der einheitlichen, im Mittel als Klima gesetzmäßig wirkenden Ursache wenig zu fürchten. Einflußreiche Aenderungen, wie sie

Tabellen der $\Delta\delta_\alpha$ des NFK (Erläuterung siehe S. 17)

Zone + 70° bis 80°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Greenwich 1900	+ 7	+17	+23	+22	+18	+10	— 1	—18	—22	—18	—10	— 1	+ 3	+ 7	+12	+18	+17	0	—18	—20	— 8	+11	+14	+ 8
Greenwich 1910	— 7	+ 2	+17	+25	+11	—25	—17	—15	—17	+15	+35	+32	+18	+ 8	+ 2	— 3	—10	—16	—23	—28	—26	—11	— 2	— 3
Greenwich 1925	+38	+51	+53	+45	+25	0	—41	—45	—25	— 4	+ 9	+14	+17	+17	+10	— 5	—21	—37	—50	—56	—45	—21	0	+20
Greenwich Mittel	+13	+23	+31	+31	+18	— 5	—30	—36	—21	— 2	+11	+15	+13	+11	+ 8	+ 3	— 5	—18	—30	—35	—26	— 7	+ 4	+ 8
Pulkowa 1905	+ 5	+16	+17	+ 8	—15	—34	—39	—17	+ 5	+16	+16	+ 5	— 4	— 3	+ 9	+22	+27	+21	—10	—22	—23	—22	—18	—10
Pulkowa 1915	—14	— 3	+11	+22	+16	—14	—42	—42	—25	— 7	+ 1	+ 5	+ 6	+ 4	+ 7	+16	+18	+10	—21	—39	—42	—38	—32	—23
Pulkowa Mittel	— 4	+ 6	+14	+15	0	—24	—40	—30	—10	+ 4	+ 8	+ 5	+ 1	0	+ 8	+19	+22	+16	—16	—30	—32	—30	—25	—16
Washington 1900	—12	+ 2	+12	+17	+10	—12	—36	—20	+10	+26	+29	+29	+27	+23	+19	+15	+ 9	+ 3	— 3	—11	—18	—26	—33	—29
Washington 1910/2	— 8	+ 4	+17	+23	+11	—17	—44	—32	— 7	+12	+13	+12	+12	+13	+15	+11	+ 1	—22	—45	—43	—35	—29	—25	—18
Washington Mittel	—10	+ 3	+14	+20	+10	—14	—40	—26	+ 2	+19	+21	+20	+20	+18	+17	+13	+ 5	—10	—24	—27	—26	—28	—29	—24
Algier 1925	+ 4	+25	+38	+43	+29	— 3	—34	—45	—42	— 3	+19	+23	+18	+ 4	—15	—20	— 9	0	— 8	—25	—33	—32	—27	—15
Mittel aller Sternwarten	+ 1	+14	+24	+27	+14	—11	—36	—34	—18	+ 4	+15	+16	+13	+ 8	+ 4	+ 4	+ 3	— 3	—19	—29	—29	—24	—19	—12
Dasselbe in 0″.01	0	+ 7	+12	+14	+ 7	— 6	—18	—17	— 9	+ 2	+ 8	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 2	+ 2	— 2	—10	—14	—14	—12	—10	— 6
Babelsberg in 0″.01	+14	+20	+26	+30	+22	+ 4	—10	— 4	+11	+23	+24	+18	+11	+ 6	+ 3	— 2	—12	—26	—32	—30	—25	—16	— 4	+ 7

Zone + 60° bis 70°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Greenwich 1900	—32	—17	— 3	+ 6	+12	+14	+12	+ 2	—12	—18	0	+25	+34	+28	+20	+13	+ 4	— 6	—13	—22	—30	—38	—45	—45
Greenwich 1910	—35	—24	—13	— 5	+ 4	+11	+18	+25	+32	+36	+20	— 5	—14	0	+25	+36	+27	0	—25	—52	—64	—67	—62	—49
Greenwich 1925	+11	+17	+18	+ 4	— 20	—28	— 8	+12	+34	+51	+48	+30	+11	— 3	—13	—17	—12	—14	—25	—35	—31	—20	— 7	+ 2
Greenwich Mittel	—19	— 8	+ 1	+ 2	— 1	— 1	+ 7	+13	+18	+23	+23	+17	+10	+ 8	+11	+11	+ 6	— 7	—21	—36	—42	—42	—38	—31
Pulkowa 1905	—12	—10	0	+10	+11	+ 5	— 2	— 8	— 6	+ 7	+15	+14	+ 3	+12	+22	+20	+ 8	+ 2	+ 3	— 2	— 9	— 7	— 2	0
Pulkowa 1915	—16	— 8	+ 1	+ 4	+ 1	— 4	— 8	—10	— 5	+12	+15	+13	+11	+29	+31	+22	+ 6	+ 2	+ 3	— 3	— 8	—12	—14	—15
Pulkowa Mittel	—14	— 9	0	+ 7	+ 6	0	— 5	— 9	— 6	+10	+15	+14	+ 7	+20	+26	+21	+ 7	+ 2	+ 3	— 3	— 8	—10	— 8	— 8
Washington 1900	—24	—14	— 4	— 6	—22	—21	— 6	+ 7	+16	+23	+25	+16	+ 6	+17	+31	+13	—10	—15	—16	—25	—38	—39	—36	—32
Washington 1910/2	+ 1	+11	+18	+11	+ 4	— 3	—13	—16	+ 2	+37	+42	+28	+21	+38	+54	+45	+25	+ 8	— 5	—20	—24	— 7	— 2	— 2
Washington Mittel	—12	— 2	+ 8	+ 2	— 9	—12	—10	— 4	+ 9	+30	+34	+22	+14	+28	+42	+29	+ 8	— 4	—10	—22	—31	—23	—19	—17
Algier 1925	— 7	+ 4	+14	+25	+33	+35	+23	+11	+13	+21	+20	+10	+ 7	+32	+46	+42	+32	+20	+ 2	—25	—37	—40	—31	—17
Mittel aller Sternwarten	—13	— 4	+ 6	+ 9	+ 7	+ 5	+ 4	+ 3	+ 8	+21	+23	+16	+ 9	+22	+31	+26	+13	+ 3	— 6	—21	—29	—29	—24	—18
Dasselbe in 0″.01	— 6	— 2	+ 3	+ 4	+ 4	+ 2	+ 2	+ 2	+ 4	+10	+12	+ 8	+ 4	+11	+16	+13	+ 6	+ 2	— 3	—10	—14	—14	—12	— 9
Babelsberg in 0″.01	— 6	+ 3	+11	+13	+12	+ 8	+ 3	— 1	+ 1	+ 6	+ 6	+ 4	+ 3	+ 2	0	0	0	— 2	— 5	—16	—18	—17	—14	—10

Zone + 50° bis 60°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Greenwich 1910	+28	+22	+14	+10	+ 7	+ 3	0	— 4	— 7	—12	—16	—18	—17	—19	—19	— 5	+18	+27	+22	+25	+23	+10	— 2	+ 7
Greenwich 1925	+12	+ 4	+ 7	+27	+39	+39	+30	+31	+32	+27	+10	— 8	—15	—12	— 5	— 1	+ 4	—13	—20	—18	—11	— 4	+ 3	+ 9
Greenwich Mittel	+20	+13	+10	+18	+23	+21	+15	+14	+12	+ 8	— 3	—13	—16	—16	—12	— 3	+ 7	+ 7	+ 1	+ 4	+ 6	+ 3	0	+ 8
Pulkowa 1905	— 7	— 3	+ 2	+ 9	+17	+18	+ 8	+ 4	+10	+17	+16	+ 6	— 4	— 6	— 1	+ 9	+10	0	— 9	— 7	— 3	0	— 3	— 6
Pulkowa 1915	—16	+ 2	+16	+29	+42	+52	+55	+48	+33	+19	+ 6	— 5	—14	—21	—18	— 5	— 1	— 8	—28	—28	—22	—19	—27	—28
Pulkowa Mittel	—12	0	+ 9	+19	+30	+35	+32	+26	+22	+18	+11	0	— 9	—14	—10	+ 2	+ 4	— 4	—18	—18	—12	—10	—15	—17
Washington 1900	—26	—19	— 5	+12	+36	+43	+36	+28	+26	+30	+33	+27	+13	+ 3	— 6	—11	— 9	— 6	—10	— 8	— 3	— 2	— 8	—22
Washington 1910/2	—30	—22	— 4	+14	+30	+39	+35	+25	+14	+ 2	—16	—34	—40	—30	— 2	+21	+20	+ 6	— 6	— 6	— 4	— 4	—10	—20
Washington Mittel	—28	—20	— 4	+13	+33	+41	+36	+26	+20	+16	+ 8	— 4	—14	—14	— 4	+ 5	+ 6	0	— 8	— 7	— 4	— 3	— 9	—21
Algier 1925	— 5	+ 1	+11	+27	+40	+43	+39	+30	+22	+16	+10	+ 3	— 4	— 6	+ 2	+17	+18	+ 3	—20	—23	—18	—12	—10	— 7
Mittel aller Sternwarten	— 6	— 1	+ 6	+19	+ 3	+35	+30	+24	+19	+14	+ 6	— 3	—11	—12	— 6	+ 5	+ 9	+ 1	—11	—11	— 7	— 5	— 8	— 9
Dasselbe in 0″.01	— 3	0	+ 3	+10	+ 2	+18	+15	+12	+10	+ 7	+ 3	— 2	— 6	— 6	— 3	+ 2	+ 4	0	— 6	— 6	— 4	— 2	— 4	— 4
Babelsberg in 0″.01	+ 3	+16	+20	+16	+ 6	0	— 1	+ 3	+ 4	— 1	— 5	— 7	— 8	— 8	— 6	+ 2	— 1	— 9	—14	— 6	+ 2	— 2	—12	—12

Zone + 40° bis 50°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Greenwich 1910	—39	—36	—30	— 5	+19	+10	—27	—55	—51	— 4	+18	+15	—16	—10	+ 7	+22	+10	— 7	—17	—24	—27	—31	—35	—38
Greenwich 1925	—21	+ 3	+15	+18	+19	+20	+19	+17	+12	+ 3	— 3	— 9	—15	—21	—24	—20	— 7	+ 5	+ 5	0	— 5	—11	—20	—21
Greenwich Mittel	—30	—16	— 8	+ 6	+19	+15	— 4	—19	—20	0	+ 8	+ 3	—16	—16	— 8	+ 1	+ 2	— 1	— 6	—12	—16	—21	—28	—30
Pulkowa 1905	—38	—26	—12	— 1	+ 6	+11	+14	+10	+ 3	+ 3	+ 7	+ 7	— 9	—16	—12	— 2	0	— 4	— 4	+ 9	+15	+ 6	—12	—30
Pulkowa 1915	—14	— 2	+12	+18	+14	+ 7	+ 1	+ 2	+ 3	+ 1	— 2	— 6	—10	— 9	— 6	— 2	+ 2	+ 4	+ 4	+ 2	— 2	— 8	—15	—17
Pulkowa Mittel	—26	—14	0	+ 8	+10	+ 9	+ 8	+ 6	+ 3	+ 2	+ 2	0	—10	—12	— 9	— 2	+ 1	0	0	+ 6	+ 6	— 1	—14	—24
Washington 1900	—26	—15	— 3	+ 3	+ 1	— 5	— 8	— 7	— 5	0	+17	+30	+23	— 5	— 8	+ 7	+13	+13	+ 8	+ 3	— 6	—16	—25	—27
Washington 1910/2	—28	—24	— 14	— 2	— 3	—11	—16	—11	+ 1	+14	+22	+18	—22	—37	—35	—12	— 7	—18	—25	—10	+ 1	— 6	—17	—24
Washington Mittel	—27	—20	— 8	0	— 1	— 8	—12	— 9	— 2	+ 7	+20	+24	0	—21	—22	— 2	+ 3	— 2	— 8	— 4	— 2	—11	—21	—26
Algier 1925	—18	—19	—18	—15	—12	— 9	— 9	—11	—10	0	+ 8	+ 4	—15	—23	—18	+ 3	+ 7	— 2	— 5	— 4	— 2	— 4	— 8	—13
Mittel aller Sternwarten	—25	—17	— 8	0	+ 4	+ 2	— 4	— 8	— 7	+ 2	+ 9	+ 8	—10	—18	—14	0	+ 3	— 1	— 5	— 3	— 3	— 9	—18	—23
Dasselbe in 0″.01	—12	— 8	— 4	0	+ 2	+ 1	— 2	— 4	— 4	+ 1	+ 4	+ 4	— 5	— 9	— 7	0	+ 2	0	— 2	— 2	— 2	— 4	— 9	—12
Babelsberg in 0″.01	— 8	0	+ 3	— 4	— 8	— 8	— 7	0	+ 6	+ 9	+10	+ 9	— 2	—15	—16	—13	— 7	— 2	0	+ 2	+ 2	0	— 2	— 6

Zone + 30° bis 40°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Greenwich 1910	—33	—30	—28	—28	—31	—29	—16	+ 6	+16	+13	+29	+40	+43	+35	+12	— 5	+ 7	+20	+32	+27	+13	— 6	—23	—29
Greenwich 1925	+26	+33	+20	— 8	—11	— 2	+16	+24	+12	+ 3	+10	+27	+38	+25	— 9	—20	— 5	+14	+12	+ 5	— 1	— 3	— 7	— 3
Greenwich Mittel	— 4	+ 2	— 4	—18	—21	—16	0	+15	+14	+ 8	+20	+34	+40	+30	+ 2	—12	+ 1	+17	+22	+16	+ 6	— 4	—15	—16
Pulkowa 1905	+ 5	+12	+ 7	— 5	— 3	+12	+30	+30	+26	+24	+30	+31	+ 9	—10	—20	—23	—17	— 8	— 2	0	— 1	— 4	—11	— 9
Pulkowa 1915	+18	+22	+22	+ 7	— 6	— 1	+ 8	+15	+17	+10	+10	+ 8	—11	—31	—42	—39	—27	—15	— 7	0	+ 6	+11	+11	+12
Pulkowa Mittel	+12	+17	+14	+ 1	— 4	+ 6	+19	+22	+22	+17	+20	+20	— 1	—20	—31	—31	—22	—12	— 4	0	+ 2	+ 4	0	+ 2
Washington 1900	— 4	—11	—17	—22	—24	—23	—20	—16	— 9	+ 3	+22	+24	+ 5	—19	—23	— 1	+17	+15	0	— 4	— 1	+ 7	+ 7	+ 2
Washington 1910/2	+12	+11	+ 2	—12	— 9	+ 2	+34	+45	+36	+19	+13	+15	+20	+17	+ 9	+ 4	+ 7	+11	+17	+27	+39	+47	+23	+ 8
Washington Mittel	+ 4	0	— 8	—17	—16	—10	+ 7	+14	+14	+11	+18	+20	+12	— 1	— 7	+ 2	+12	+13	+ 8	+12	+19	+27	+15	+ 5
Algier 1925	+11	+ 2	— 8	—16	—11	+ 5	+27	+40	+40	+28	+24	+27	+33	+21	—12	—20	—16	— 3	+12	+25	+33	+33	+27	+20
Mittel aller Sternwarten	+ 6	+ 5	— 1	—12	—13	— 4	+13	+23	+22	+16	+20	+25	+21	+ 7	—12	—15	— 6	+ 4	+ 9	+13	+15	+15	+ 7	+ 3
Dasselbe in 0″.01	+ 3	+ 2	0	— 6	— 6	— 2	+ 6	+12	+11	+ 8	+10	+12	+10	+ 4	— 6	— 8	— 3	+ 2	+ 4	+ 6	+ 8	+ 8	+ 4	+ 2
Babelsberg in 0″.01	+11	+ 4	— 4	—10	— 7	0	+ 8	+16	+22	+24	+20	+13	+ 5	— 2	— 9	—12	—10	— 4	+ 2	+ 8	+14	+18	+18	+14

Zone + 20° bis 30°

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cape I	—26	—13	+10	+23	+13	+ 2	+ 3	+ 5	+ 7	+13	+27	+29	+15	— 2	— 5	+ 3	+10	+ 7	— 1	0	+10	+21	+10	—21
Cape 1925	—21	— 8	+ 9	+10	— 8	— 2	+20	+43	+47	+47	+65	+65	+40	—10	—33	—41	—40	—34	—23	— 9	+ 8	+16	— 2	—18
Cape Mittel	—24	—10	+10	+16	+ 2	0	+12	+24	+27	+30	+46	+47	+28	— 6	—19	—19	—15	—14	—12	— 4	+ 9	+18	+ 4	—20
Greenwich 1900	+ 8	+ 2	— 8	—26	—32	—15	+ 7	+21	+21	+18	+23	+32	+40	+36	+14	—12	—25	—22	—13	— 5	+ 5	+13	+ 8	+ 7
Greenwich 1910	—34	—11	+12	+18	+15	+26	+38	+44	+46	+46	+44	+37	+18	— 8	—29	—34	—25	—18	—21	—22	—19	—16	—35	—45
Greenwich 1925	—15	+12	+23	+13	—10	—12	+ 5	+25	+36	+40	+39	+35	+25	+ 6	—22	—30	—26	—24	—25	—20	— 9	— 2	—23	—36
Greenwich Mittel	—14	+ 1	+ 9	+ 2	— 9	0	+17	+30	+34	+35	+35	+35	+28	+11	—12	—25	—25	—21	—20	—16	— 8	— 2	—17	—25
Pulkowa 1905	—22	— 9	0	+ 3	— 1	+ 6	+28	+34	+26	+14	+24	+36	+43	+40	+21	—18	—28	—27	—17	— 8	— 7	—12	—20	—25
Pulkowa 1915	— 7	+ 1	+ 9	+15	+13	+21	+37	+43	+39	+17	+20	+23	+ 7	—12	—29	—34	—36	—44	—60	—57	—33	—15	—16	—16
Pulkowa Mittel	—14	— 4	+ 4	+ 9	+ 6	+14	+32	+38	+32	+16	+22	+30	+25	+14	— 4	—26	—32	—36	—38	—32	—20	—14	—18	—20
Washington 1900	—23	—13	+ 2	+13	+13	+13	+20	+22	+20	+20	+35	+52	+58	+44	+ 5	—19	—25	—28	—33	—37	—34	—25	—30	—34
Washington 1910/2	—40	—19	— 3	+ 4	0	+ 6	+30	+36	+31	+20	+21	+24	+21	+10	—10	—15	—12	—11	—16	—20	—23	—23	—30	—34
Washington Mittel	—32	—16	0	+ 8	+ 6	+10	+25	+29	+26	+20	+28	+38	+40	+27	— 2	—17	—18	—20	—24	—28	—28	—24	—32	—40
Algier	—20	—21	— 7	+ 7	+ 9	+ 3	— 5	+ 5	+33	+42	+43	+49	+66	+55	+22	—13	—26	—30	—33	—35	—32	—23	—11	—10
Mittel aller Sternwarten	—21	—10	+ 3	+ 8	+ 3	+ 5	+16	+25	+30	+29	+35	+40	+37	+20	— 3	—20	—23	—24	—25	—23	—16	— 9	—15	—23
Dasselbe in 0″.01	—10	— 5	+ 2	+ 4	+ 2	+ 2	+ 8	+12	+15	+14	+18	+20	+18	+10	— 2	—10	—12	—12	—12	—12	— 8	— 4	— 8	—12
Babelsberg in 0.″01	—20	—18	—12	— 6	— 6	— 4	+ 5	+ 8	+ 6	+ 6	+26	+38	+42	+30	+ 9	—15	—24	—22	—13	— 8	— 6	— 7	—12	—18

Zone $+10^0$ bis 20^0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cape I	—39	—40	—37	—25	— 7	— 1	— 8	—16	—11	+ 5	+14	+17	+19	+15	+10	+12	+16	+21	+22	+20	+16	+ 3	—20	—34
Cape II	—16	—12	—13	—14	—10	— 6	+ 2	+11	+22	+32	+37	+36	+25	— 7	—16	—13	— 7	— 4	— 2	— 2	— 3	— 7	—12	—16
Cape 1925	—25	—33	—30	—20	— 1	+ 2	+ 2	+12	+30	+49	+52	+40	+20	— 2	—18	—29	—35	—33	—25	— 8	+ 2	+ 4	— 3	—14
Cape Mittel	—27	—28	—27	—20	— 6	— 2	+ 1	+ 2	+14	+29	+34	+31	+21	+ 2	— 8	—10	— 9	— 5	— 2	+ 3	+ 5	0	—12	—21
Greenwich 1900	+ 6	+ 2	— 7	—12	— 2	+11	+ 9	—12	— 6	+18	+24	+13	+ 1	—13	—25	—26	—18	— 5	+ 9	+13	+ 9	— 1	— 9	— 7
Greenwich 1910	—30	—13	0	+ 8	+17	+23	+27	+30	+33	+32	+21	+ 2	—16	—21	—16	—10	— 1	+13	+28	+10	—20	—44	—56	—49
Greenwich 1925	—24	— 8	+ 8	+25	+47	+60	+56	+30	+20	+30	+35	+37	+34	+14	—14	—41	—50	—31	— 4	+ 6	+ 3	—18	—38	—38
Greenwich Mittel	—16	— 6	0	+ 7	+21	+31	+31	+16	+16	+27	+27	+17	+ 6	— 7	—18	—26	—23	— 8	+11	+10	— 3	—21	—34	—31
Pulkowa 1905	— 7	— 6	—10	— 8	+ 4	+11	+ 6	— 1	+ 2	+22	+38	+39	+32	+12	— 6	—16	—24	—29	—27	—24	—25	—26	—24	—15
Pulkowa 1915	— 5	— 3	+ 4	+16	+33	+37	+27	— 2	— 5	+ 2	+15	+27	+27	+ 3	—35	—44	—46	—44	—39	—25	—11	— 4	— 6	— 8
Pulkowa Mittel	— 6	— 4	— 3	+ 4	+18	+24	+16	— 2	— 2	+12	+26	+33	+30	+ 8	—20	—30	—35	—36	—33	—24	—18	—15	—15	—12
Washington 1900	—44	—35	—23	—11	0	+ 5	+ 4	— 4	— 3	+12	+22	+28	+30	+11	—11	—23	—25	—24	—22	—20	—20	—23	—34	—47
Washington 1910/2	—30	—15	— 9	—10	— 8	— 4	+ 5	+ 2	— 4	+13	+20	+17	+10	+ 2	— 7	—15	—18	—17	—12	— 7	— 7	—15	—26	—35
Washington Mittel	—37	—25	—16	—10	— 4	0	+ 4	— 1	— 4	+12	+21	+22	+20	+ 6	— 9	—19	—22	—20	—17	—14	—14	—19	—30	—41
Algier 1925	—37	—32	—20	— 7	+ 4	+ 5	— 5	—13	—10	+18	+28	+28	+22	+ 2	—16	—23	—27	—26	—22	—14	— 5	— 5	—14	—33
Mittel aller Sternwarten	—25	—19	—12	— 5	+ 7	+12	+ 9	0	+ 3	+20	+27	+26	+20	+ 2	—14	—22	—23	—19	—13	— 8	— 7	—12	—21	—28
Dasselbe in 0″.01	—12	—10	— 6	— 2	+ 4	+ 6	+ 4	0	+ 2	+10	+14	+13	+10	+ 1	— 7	—11	—12	—10	— 6	— 4	— 4	— 6	—10	—14
Babelsberg in 0″.01	— 8	— 4	— 2	0	+ 2	— 1	— 8	— 5	+ 9	+21	+21	+16	+ 9	+ 2	— 4	—11	—14	—11	— 4	+ 2	+ 2	— 2	— 8	—10

Zone $+0^0$ bis $+10^0$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cape I	— 8	— 7	—21	—42	—47	—44	—26	+ 2	+22	+33	+38	+35	+14	— 5	—10	0	+16	+27	+35	+40	+38	+26	0	—16
Cape II	— 8	—24	—40	—46	—35	—20	0	+22	+44	+44	+32	+12	— 2	—14	—17	—14	— 8	0	+ 6	+10	+11	+ 7	— 6	— 9
Cape 1925	+ 2	—10	—21	—30	—30	—25	—14	0	+23	+46	+51	+40	+12	—12	—19	— 8	+ 2	+ 8	+13	+18	+22	+25	+21	+12
Cape Mittel	— 5	—14	—27	—39	—37	—30	—13	+ 8	+30	+41	+40	+29	+ 8	—10	—15	— 7	+ 3	+12	+18	+23	+24	+19	+ 5	— 4
Greenwich 1900	—10	—19	—26	—31	—31	—24	—13	— 3	+13	+32	+49	+49	+28	+ 1	—20	—28	—10	+23	+50	+58	+44	+27	+14	+ 3
Greenwich 1910	+20	+22	+ 4	—19	—41	—30	+ 5	+39	+50	+41	+30	+23	+13	—15	—35	—33	—18	— 3	+10	+19	+17	+ 4	— 7	— 2
Greenwich 1925	+ 4	— 1	—10	—28	—33	—21	+ 4	+22	+34	+40	+42	+37	+14	—18	—50	—66	—57	—30	— 7	+ 4	+10	+12	+ 2	+ 2
Greenwich Mittel	+ 5	+ 1	—11	—26	—35	—25	— 1	+19	+32	+38	+40	+36	+18	—11	—35	—42	—28	— 3	+18	+27	+24	+14	+ 3	+ 1
Pulkowa 1905	+36	+31	+13	— 7	—26	—25	— 8	+ 7	+22	+32	+27	+ 9	— 5	— 4	+ 1	+ 4	0	— 5	— 4	+ 1	+ 9	+15	+22	+29
Pulkowa 1915	+23	+42	+40	+23	+ 7	0	+ 1	+10	+38	+56	+58	+46	+ 6	—27	—32	—21	— 9	— 1	+ 5	+ 9	+11	+ 9	+ 1	+ 6
Pulkowa Mittel	+30	+36	+26	+ 8	—10	—12	— 4	+ 8	+30	+44	+42	+28	0	—16	—16	— 8	— 4	— 3	0	+ 5	+10	+12	+12	+18
Washington 1900	+ 5	+ 2	— 9	—24	—32	—26	—12	+ 2	+16	+31	+42	+38	+17	—13	—23	—13	— 3	+ 3	+ 6	+ 7	+ 6	+ 4	0	— 1
Washington 1910/2	+10	+13	0	—25	—46	—46	—26	+10	+43	+57	+51	+27	+ 4	—14	—23	—22	—13	— 1	+10	+13	+ 8	— 8	—16	—15
Washington Mittel	+ 8	+ 8	— 4	—24	—39	—36	—19	+ 6	+30	+44	+46	+32	+10	—14	—23	—18	— 8	+ 1	+ 8	+10	+ 7	— 2	— 8	— 8
Algier 1925	+ 6	+14	+ 5	—27	—36	—28	+ 2	+29	+48	+56	+58	+45	+ 7	—32	—40	—30	—10	— 1	+ 2	+ 9	+15	+15	+ 6	— 7
Mittel aller Sternwarten	+ 9	+ 9	— 2	—18	—31	—26	— 7	+14	+34	+45	+45	+34	+ 8	—17	—26	—21	— 9	+ 1	+ 9	+15	+16	+12	+ 4	0
Dasselbe in 0″.01	+ 4	+ 4	— 1	— 9	—16	—13	— 4	+ 7	+17	+22	+22	+17	+ 4	— 8	—13	—10	— 4	0	+ 4	+ 8	+ 8	+ 6	+ 2	0
Babelsberg in 0″.01	— 3	+ 4	+ 4	— 3	—17	—24	—18	— 7	+14	+33	+46	+42	+20	— 8	—23	—26	—25	—16	— 5	+ 5	+ 8	0	— 8	—10

Zone -0^0 bis -10^0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cape I	—24	—37	—44	—38	—28	—16	0	+16	+31	+42	+44	+37	+17	+10	+ 8	+ 8	+10	+22	+44	+48	+26	+17	+ 1	—11
Cape II	—17	—29	—41	—46	—30	— 1	+26	+48	+57	+55	+38	+10	— 7	—16	—19	—17	—13	— 6	+ 6	+20	+29	+24	+11	— 2
Cape 1925	—12	—32	—41	—40	—28	— 5	+26	+46	+50	+42	+30	+ 9	— 4	— 9	—12	—19	—30	—30	— 2	+18	+23	+19	+12	+ 3
Cape Mittel	—18	—33	—42	—41	—29	— 7	+17	+37	+46	+46	+37	+19	+ 2	— 5	— 8	— 9	—11	— 5	+16	+29	+26	+20	+ 8	— 3
Greenwich 1900	— 2	—13	—24	—37	—48	—49	—35	—10	+12	+32	+36	+33	+25	+17	+ 4	—15	—22	+ 1	+40	+51	+42	+31	+21	+10
Greenwich 1910	— 2	—12	—30	—40	—25	— 3	+21	+47	+61	+61	+48	+24	— 2	—22	—38	—42	—24	0	+16	+12	—10	—15	— 5	0
Greenwich 1925	+ 7	— 5	—21	—34	—27	—15	+ 3	+27	+49	+45	+12	—17	—44	—49	—44	—39	—34	—24	— 2	+15	+20	+17	+14	+12
Greenwich Mittel	+ 1	—10	—25	—37	—33	—22	— 4	+21	+41	+46	+32	+13	— 7	—18	—26	—32	—27	— 8	+18	+26	+17	+11	+10	+ 7
Pulkowa 1905	+ 8	+ 9	+ 9	+ 7	+ 6	+12	+28	+53	+76	+82	+58	+31	+ 5	— 3	—13	—40	—60	—64	—48	—29	—14	— 4	+ 3	+ 6
Pulkowa 1915	+10	+26	+28	+28	+27	+25	+26	+30	+33	+28	+12	—14	—34	—42	—46	—44	—39	—30	—13	+ 4	+ 9	+ 5	— 9	— 8
Pulkowa Mittel	+ 9	+18	+18	+18	+16	+18	+27	+42	+54	+55	+35	+ 8	—14	—22	—30	—42	—50	—47	—30	—12	— 2	0	— 3	— 1
Washington 1900	— 2	— 8	—17	—22	—12	— 2	+11	+22	+28	+21	+14	+ 4	—14	—13	— 8	— 2	— 5	— 9	+ 7	+16	+15	+11	+ 7	+ 2
Washington 1910/2	—15	—18	—25	—30	—20	— 5	+22	+51	+68	+60	+37	+19	+ 5	— 7	— 9	— 2	+10	+22	+28	+26	+10	— 2	— 7	—11
Washington Mittel	— 8	—13	—21	—26	—16	— 4	+16	+36	+48	+40	+26	+12	— 4	—10	— 8	— 2	+ 2	+ 6	+18	+21	+12	+ 4	0	— 4
Algier	+ 8	+14	+ 4	—15	—18	— 9	+22	+53	+57	+52	+35	+15	— 8	—19	—25	—28	—27	—19	+ 3	+15	+13	+ 7	— 4	— 6
Mittel aller Sternwarten	— 2	— 5	— 3	—20	—16	— 5	+16	+38	+49	+48	+33	+13	— 6	—15	—19	—23	—23	—15	+ 5	+16	+13	+ 8	+ 2	— 2
Dasselbe in 0″.01	— 1	— 2	— 2	—10	— 8	— 2	+ 8	+19	+24	+24	+16	+ 6	— 3	— 8	—10	—12	—12	— 8	+ 2	+ 8	+ 6	+ 4	+ 1	— 1
Babelsberg in 0″.01	—24	—27	—23	—12	— 7	— 5	— 8	—13	—13	—10	— 4	+ 2	+10	+18	+19	+ 8	— 3	— 2	+15	+35	+36	+20	— 5	—16

Zone -10^0 bis -20^0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cape I	—13	—18	—20	—23	—25	—25	—23	—15	— 1	+22	+38	+37	+29	+24	+19	+14	+10	+14	+30	+44	+40	+17	+ 2	— 6
Cape II	— 6	—19	—28	—27	—14	+ 5	+20	+24	+20	+14	+ 7	+ 2	— 5	—13	—24	—31	—25	— 6	+20	+38	+42	+33	+20	+ 7
Cape 1925	0	— 4	—18	—26	—20	—10	— 1	+ 5	+10	+14	+18	+21	+22	+20	+10	—12	—21	—17	+13	+25	+20	+ 8	— 1	— 3
Cape Mittel	— 6	—14	—22	—25	—20	—10	— 1	+ 5	+10	+17	+21	+20	+15	+10	+ 2	—10	—12	— 3	+21	+36	+34	+19	+ 7	— 1
Greenwich 1900	— 3	—14	—15	—16	—26	—35	—33	—25	—10	+15	+32	+33	+ 5	—28	—34	— 7	— 7	— 1	+16	+29	+37	+40	+36	+20
Greenwich 1910	—19	—19	—25	—36	—22	+ 6	+27	+42	+50	+52	+42	+14	—20	—49	—62	—46	—30	—22	—16	— 2	+ 2	— 6	—15	—20
Greenwich 1925	—13	—29	—43	—32	— 5	+18	+31	+40	+41	+33	+21	— 3	—28	—47	—54	—58	—61	—40	— 4	+30	+44	+30	+ 6	—12
Greenwich Mittel	—12	—21	—28	—28	—18	— 4	+ 8	+19	+27	+33	+32	+15	—14	—41	—50	—37	—33	—21	— 1	+19	+28	+21	+ 9	— 4
Washington 1900	— 1	—14	—21	—24	—25	—22	—15	+ 4	+29	+41	+28	+ 6	— 3	+ 2	+ 4	— 8	—10	— 4	+ 8	+20	+24	+22	+17	+10
Washington 1910/2	+ 4	+ 5	+ 9	+18	+22	+21	+18	+14	+13	+12	+10	+ 5	— 5	— 8	— 9	—11	—12	— 7	+ 5	+24	+34	+30	+20	+12
Washington Mittel	+ 2	— 4	— 6	— 3	— 2	0	+ 2	+ 9	+21	+26	+19	+ 6	— 4	— 3	— 2	—10	—11	— 6	+ 6	+22	+29	+26	+18	+11
Algier	0	+ 6	— 3	—19	—27	—22	0	+14	+24	+30	+32	+21	0	— 9	—15	—28	—35	—31	— 5	+27	+42	+37	+25	+11
Mittel aller Sternwarten	— 4	— 8	—15	—19	—17	— 9	+ 2	+12	+20	+26	+26	+15	— 1	—11	—16	—21	—23	—15	+ 5	+26	+33	+26	+15	+ 4
Dasselbe in 0″.01	— 2	— 4	— 8	—10	— 8	— 4	+ 1	+ 6	+10	+13	+13	+ 8	0	— 6	— 8	—10	—12	— 8	+ 2	+13	+16	+13	+ 8	+ 2
Babelsberg in 0″.01	+ 8	+ 4	0	— 4	— 7	—14	—21	—22	—18	— 8	0	+ 6	+12	+16	+ 8	—12	—24	—20	— 3	+22	+29	+20	+16	+12

Umbau des betreffenden Saales, Verwendung der Angaben innerer statt äußerer Thermometer bilden würden, sind bei den verwendeten Greenwich-, Cape- und Pulkowa-Ka in der Zwischenzeit nicht eingetreten.

IV. Diskussion der gefundenen $\Delta \delta_\alpha$

An der Hand dieser Zahlen soll nun die Lösung folgender Fragen versucht werden:

1. Zeigen die Kurven das tatsächliche Vorhandensein einer systematischen Differenz zwischen NFK und modernen Beobachtungen und ist die Bestimmung derselben für getrennte D-Zonen gerechtfertigt?
2. Ist diese Differenz dem NFK oder den Beobachtungen zur Last zu legen?
3. Sind die gefundenen Beträge der volle Wert der Differenz zwischen NFK und der Wirklichkeit oder sind auch die modernen Beobachtungen noch verfälscht?
4. Wie ist die Entstehung der gefundenen Differenzen zu erklären?

1. Reellität der $\Delta \delta_\alpha$

Daß eine mit der RA wechselnde Differenz zwischen NFK und den modernen Beobachtungen tatsächlich vorhanden ist und nicht etwa eine Täuschung durch zufällige Fehler, geht aus dem bloßen Anblick der Kurven wohl einwandfrei hervor. Die allgemeine Kurve (deren Werte die vorletzte Zeile wiedergibt), geht ohne jede graphische Ausgleichung und ohne von den aufgetragenen Punkten um mehr als eine halbe Hundertstel Bogensekunde abzuweichen glatt durch sie hindurch. Unter Glätte ist allerdings nicht Mangel jeder kleineren Ausbiegung auf kürzere Strecken verstanden, sondern nur der anschließende Verlauf der Punkte, der nicht zu zickzackartigem Hin und Her der Kurve zwingt, wie das vorkommt, wenn jeder einzelne Punkt mit einem merkbaren zufälligem Fehler behaftet ist. Da die einzelnen Kurven der Ka, wie schon erwähnt, ziemlich eng an die Punkte angeschlossen wurden, ist der glatte Verlauf der allgemeinen Kurve nicht etwa ein Kunstprodukt. Der Verlauf ist bei allen Sternwarten in allen D-Zonen bis auf die nördlichsten derselbe: ein Maximum in der ersten Hälfte, ein sekundäres in der zweiten. Besonders beweisend ist das übereinstimmende Vorkommen kleinerer Ausbuchtungen mit meist regelmäßig steigender Amplitude in derselben RA-Stunde aber in verschiedenen D-Zonen. Hätte man über alle D gemittelt, dann könnte man solche Ausbiegungen als zufällig ansehen. Ihr Wiederkehren bei Kurven verschiedener Zonen, also ganz anderen Sternen entsprungen und noch dazu mit gesetzmäßig veränderlicher Amplitude ist der beste Beweis der Realität solches Details. Auch die Verschiedenheit der Kurven für verschiedene D ist nicht zu bestreiten, wenn auch für die Anbringung der Ko in den südlichen Zonen mehrere 10°-Streifen vielleicht vereinigt werden könnten, etwa die drei südlichsten zu einem. Aber besonders in den nördlichsten Zonen ist der Unterschied der einzelnen Zonenkurven unbestreitbar reell und auf keinen Fall durch zufällige Schwankungen zu erklären. Die erste Frage ist also mit großer Sicherheit zu bejahen.

2. Zugehörigkeit der $\Delta \delta_\alpha$

Ob die gefundene Differenz den Beobachtungen oder dem NFK zugeschrieben werden muß, läßt sich entscheiden, wenn man das Verhalten im Zenit der Sternwarten sowie in unterer und oberer Kulmination prüft. Ebenso muß ein Vergleich der $\Delta \delta_\alpha$ für Sternwarten der südlichen und nördlichen Erdhalbkugel entscheidend wirken. Freilich muß man dabei vorher schon eine Annahme über die Ursache des $\Delta \delta_\alpha$ machen, denn schließlich läßt sich eine rätselhafte Ursache annehmen, die in oberer wie unterer Kulmination die D gleich verfälscht usw. Aber daß solche Differenzen nur von jahreszeitlichen Schwankungen der Refraktion herrühren werden, darüber dürfte von vornherein Einigkeit herrschen. Vergleicht man nun die Zenitzone der nördlichsten Sternwarte, Pulkowa, mit derselben Zonenkurve der südlichsten, Washington oder Algier, und umgekehrt die Zenitzone der letzteren mit der gleichen bei Pulkowa, so sieht man allerdings Unterschiede, die bei der geringen Polhöhendifferenz von etwa 21° gar nicht zu erwarten sind. Bei der Sternwarte, welche die betreffende Zone nicht im Zenit hat, sind die Amplituden etwas größer (etwa 0″.05) als

bei der anderen. Gegenüber den Beträgen der Amplituden überhaupt (0″.15—0″.25) ist der Unterschied aber nicht beweisend. Daß Reste von Refraktionsschwankungen der einzelnen Ka noch in den Kurven stecken, ist sicher. Die Kurven sind aber nicht durch sie erzeugt. Dagegen spricht jeder Vergleich von Zenitzonen mit den südlicheren an allen Sternwarten. Auch die Zenitzonen selbst zeigen stets Amplituden, wie sie in einem Abstand von höchstens 10^0 vom Zenit durch Refraktion nicht erzeugt sein können, weil der Gesamtbetrag der Refraktion kleiner ist als die Schwankungen. Außerdem müßte ein solcher Einfluß sich beiderseits vom Zenit durch seine ungleichsinnige Wirkung auf die D in den $\Delta\delta_\alpha$ bis auf verschwindende Reste wieder kompensieren. Die Zunahme der Amplituden gegen die südlichen Zonen hin geht bei weitem nicht nach einer Proportionalität zum Tangens der Zenitdistanz vor sich. Die drei südlichsten Zonen könnten, wie oben erwähnt, in der allgemeinen Kurve zusammengefaßt werden. Dieses Kriterium spricht also gegen eine Ursache in den Beobachtungen. Viel schärfer entscheidet aber der Vergleich der Kurven aus Beobachtungen in der unteren und oberen Kulmination. Bei Annahme von Refraktionsstörungen der Beobachtungen als Ursache der $\Delta\delta_\alpha$ müßte die Kurve für die obere Kulmination von der für die untere

Differenzen der Washington-Kataloge zwischen oberer und unterer Kulmination
Einheit: 0″.005!!

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Erste Zone (W.1900: +63°—72°.7); (W.10/2: +66°—74°)	1900 UC	— 2	+13	+19	+10	+ 3	0	0	+ 2	+ 6	+10	+ 9	+13
	1910/2 UC	—17	—12	— 7	— 7	—14	—19	—13	0	+ 8	+12	+14	+13
	Mittel	—10	0	+ 6	+ 2	— 6	—10	— 6	+ 1	+ 7	+11	+12	+13
	1900 OC	—30	—23	—11	— 7	0	+ 7	+13	+18	+20	+22	+24	+28
	1910/2 OC	0	+10	+15	+13	+ 2	— 8	— 8	— 7	— 5	— 1	+ 1	0
	Mittel	—15	— 6	+ 2	+ 3	+ 1	0	+ 2	+ 6	+ 8	+10	+12	+14
	Diff. UC—OC	+ 5	+ 6	+ 4	— 1	— 7	—10	— 8	— 5	— 1	+ 1	0	— 1
Zweite Zone (00: +73°—90°); (10/2: +74°—90°)	1900 UC	— 2	+11	+18	+10	— 6	—16	—18	—10	+ 7	+20	+26	+25
	1910/2 UC	— 6	+ 5	+14	+19	+21	+12	—17	—26	—19	— 7	+ 7	+22
	Mittel	— 4	+ 8	+16	+14	+ 8	— 2	—18	—18	— 6	+ 6	+16	+24
	1900 OC	— 4	+ 3	+ 8	0	— 9	—13	—14	— 9	+ 1	+13	+24	+28
	1910/2 OC	+21	+29	+29	+19	— 1	—19	—24	—17	+ 1	+10	+13	+15
	Mittel	+ 8	+16	+18	+10	— 5	—16	—19	—13	+ 1	+12	+18	+22
	Diff. UC—OC	—12	— 8	— 2	+ 4	+13	+14	+ 1	— 5	— 7	— 6	— 2	+ 2

		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Erste Zone (W.1900: +63°—72°.7); (W.10/2: +66°—74°)	1900 UC	+34	+36	+25	+13	+ 3	—11	—22	—31	—33	—31	—27	—16
	1910/2 UC	+10	+ 8	+ 6	+ 5	+ 5	+ 3	—20	—41	—50	—50	—41	—28
	Mittel	+22	+22	+16	+ 9	+ 4	— 4	—21	—36	—42	—40	—34	—22
	1900 OC	+35	+36	+33	+28	+22	+12	— 1	—21	—37	—38	—38	—35
	1910/2 OC	— 1	— 1	— 2	— 3	— 6	— 9	—28	—50	—58	—57	—40	—16
	Mittel	+17	+18	+16	+12	+ 8	+ 2	—14	—36	—48	—48	—39	—26
	Diff. UC—OC	+ 5	+ 4	0	— 3	— 4	— 6	— 7	0	+ 6	+ 8	+ 5	+ 4
Zweite Zone (00: +73°—90°); (10/2: +74°—90°)	1900 UC	+19	+ 8	— 2	— 6	— 3	+ 3	+ 2	— 7	— 7	— 5	— 6	— 6
	1910/2 UC	+33	+34	+31	+25	+15	+ 2	— 9	— 7	0	+ 3	— 2	— 8
	Mittel	+26	+21	+14	+10	+ 6	+ 2	— 4	— 7	— 4	— 1	— 4	— 7
	1900 OC	+28	+25	+19	+13	+ 8	+ 3	— 4	—13	—19	—20	—16	—11
	1910/2 OC	+16	+14	+12	+ 9	+ 8	+ 9	+11	+14	+16	+17	+17	+14
	Mittel	+22	+20	+16	+11	+ 8	+ 6	+ 4	0	— 2	— 2	0	+ 2
	Diff. UC—OC	+ 4	+ 1	— 2	— 1	— 2	— 4	— 8	— 7	— 2	+ 1	+ 4	— 9

ganz verschieden sein, nämlich um 12 h verschoben und im Vorzeichen umgekehrt. Von den verwendeten Ka geben leider nur die von Washington beide Oerter getrennt, deren Ergebnisse hier folgen. (Vergl. die Uebersicht auf S. 24.)

Der Anblick der Kurven (Mittel der beiden Ka für jede Kulmination) zeigt viel deutlicher als die Zahlen den vollständig gleichen Verlauf der $\Delta\delta_\alpha$ in beiden Kulminationen. Die in den beiden Zeilen „Differenz UC—OC" mitgeteilten Zahlen machen den Eindruck des Systematischen trotz ihrer geringen Amplitude (höchstens 0″.07) nur deshalb, weil die beiden Kurven für OC und UC in beiden Zonen eine kleine Phasenverschiebung von etwa einer halben Stunde zeigen, die bei den vorkommenden Steigungen zu den geringen aber regelmäßig verlaufenden Werten der „UC—OC" führt. Von einer Phasenverschiebung um zwölf Stunden oder einer Umkehr des Vorzeichens ist keine Spur an den Kurven zu bemerken. Wegen einer wahrscheinlich fehlerhaften Annahme der $\Delta\delta_\delta$ und den Verschiedenheiten der zwei Ka an einzelnen Stellen zeigen sich Differenzen zwischen beiden Kulminationen, die aber nichts mit einer Umkehr des Vorzeichens zu tun haben. Ebenso läßt sich die geringfügige Phasenverschiebung um eine halbe Stunde bei den Kurven verschiedener Kulminationen aus nicht genau gleichen Beobachtungsbedingungen leicht erklären. Auch dieses Kriterium spricht also für eine Zuweisung der $\Delta\delta_\alpha$ an den NFK. Dasselbe Ergebnis hat der Vergleich der Washington und Cape gemeinsamen Zonen. Der Unterschied der Jahreszeiten um ein halbes Jahr müßte hier eine Verschiebung der Extreme um etwa zwölf Stunden, der Unterschied der Lage eine Umkehr des Vorzeichens und auch ziemlich starke Amplitudenunterschiede hervorrufen. Aber auch hier zeigen die Kurven nur geringfügige Unterschiede, wie sie nach den Verschiedenheiten von Instrument und Beobachtungsbedingungen gar nicht anders zu erwarten sind. Der ganze Verlauf der Kurven ist so eindeutig derselbe, daß damit auch die zweite Frage als sicher erledigt betrachtet werden kann.

3. Wirkliche Größe der $\Delta\delta_\alpha$

Daß die verwerteten Oerter mindestens kleine Reste von Refraktionsanomalien noch tragen, wurde schon erwähnt. Ein für die allgemeine Kurve nicht mitverwendeter Ka drängt aber die Frage auf, ob nicht etwa auch die modernen Beobachtungen sehr beträchtliche jahreszeitliche Abhängigkeit der D ergeben, verursacht durch eine solche Periode der vielbeschuldigten Saalrefraktion. Die gefundene Kurve der $\Delta\delta_\alpha$ wäre also dann nicht die Abweichung des NFK gegen die wahren D, sondern nur eine Differenzkurve. Nahegelegt wird diese Vermutung durch den Ka Babelsberg, der von Herrn Professor Courvoisier handschriftlich mitgeteilt wurde. Er beruht auf Beobachtungen am Vertikalkreis, der durch die Konstruktion seines Saales während der Beobachtung gänzlich in freier Luft steht und jedenfalls von den untersuchten Ka am wenigsten für Saalrefraktion verdächtig ist. Gerade die Kurven dieses Ka zeigen nun Amplituden, die das Vielfache derer aller anderen Ka sind. Leider ist der Zug der Kurven für Babelsberg wesentlich unsicherer als für die meisten anderen Ka, was an der zu geringen Zahl der Beobachtungen (im Maximum 3) liegen wird. Selbst der Ka geringster innerer Genauigkeit, Gr 10, zeigt wegen der großen Zahl der Beobachtungen keine geringere Unruhe der aufgetragenen Punkte. Im Zenit von Babelsberg stimmen wenigstens für das Hauptmaximum die Amplituden von Babelsberg und allgemeinen Mittel bis auf 0″.03 bloß, um die jene bei Babelsberg größer sind. Die sekundären Extreme der Kurve sind selbst in dieser Zone bei Babelsberg schärfer ausgeprägt, so daß man schon an Schichtneigungen denken müßte. Eine Entscheidung über Vorhandensein und Betrag von Saalrefraktion kann hier nicht gefällt werden. Wenn sie die anderen Ka stark beeinflußt haben sollte und die starken jahreszeitlichen Schwankungen, die Babelsberg zeigt, aufweist, dann müßte sich dies an den $\Delta\delta_\alpha$ der einzelnen Sternwarten bei Vergleich der oberen und unteren Kulmination zeigen. Bei der üblichen Art der Bestimmung der Refraktionskonstante kann in den $\Delta\delta_\delta$ der Einfluß der Saalrefraktion durch Annahme der die Beobachtungen am besten darstellenden Größe von R stark verwischt werden. Die jahreszeitlichen Schwankungen aber, die ja sehr wahrscheinlich sind, werden sich unverändert bei den Oertern aus oberer und unterer Kulmination verstärkt geltend machen. Bei Betrachtung des Bildes des Saales für den Nine-inch

Circle von Washington (Tafel I, II und IV des Ka W 00) ist es klar, daß wenn einer der Ka solche Schwankungen zeigt, es auch für den Ka W 00 zutreffen muß. Mit Ausnahme einer Depression auf etwa zehn Stunden rings um die 7. Stunde im Betrage von etwa 0″.1, die die Kurve für UC in der ersten Zone aufweist, diejenige für OC aber nicht, stimmen die Kurven beider Zonen in OC und UC genügend überein, um eine Fälschung durch Saalrefraktion in dem durch Babelsberg angezeigtem Maß auszuschließen. Wegen seiner geringeren Genauigkeit und des übereinstimmenden Verhaltens aller elf anderen Ka, wurde Babelsberg bei der Bildung des allgemeinen Mittels nicht berücksichtigt. Die durch ihn angeregte dritte Frage kann aber dadurch natürlich nicht als entschieden bezeichnet werden. Die hier gewählte Stellungnahme wird sehr gestützt durch die einzige bisher vorliegende experimentelle Untersuchung der Frage von Bonsdorff (Astr. Nachr. 208). Sein Vergleich eines großen Materials von Beobachtungen, das mit demselben Instrument in einem einwandfreien Saal und im alten Pulkowaer Meridiansaal gewonnen wurde, zeigt, daß die auch hier verwerteten Pulkowa-Ka mit Sicherheit frei sind von so außerordentlichen Beträgen der Saalrefraktion, wie sie die großen jahreszeitlichen Schwankungen des von ihnen sicher freien Babelsberg-Ka ihnen zuschieben würden.

4. Die $\Delta\delta_\alpha$ als Korrektion der Eigenbewegung oder des Ortes

Die vierte Frage, die nach der Erklärung der gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ schließt zugleich die Frage ein, ob dieselben an die Oerter oder in entsprechendem Maße an die EB des NFK anzubringen sind. Am wünschenswertesten wäre es natürlich, wenn die Kurven selbst eine Antwort auf die Frage geben würden. Den einzigen Fingerzeig zur Entscheidung könnten aber die Kurven selbst nur durch eine fortschreitende Vergrößerung der Amplituden geben, je später die mittlere Epoche des betreffenden Ka ist. Man wird hierzu natürlich nur Ka desselben Instrumentes verwenden wollen. Deshalb kommen wegen der einigermaßen großen Epochendifferenz nur die Ka von Greenwich und Cape in Betracht. Aber beider Kurven lassen keine eindeutige Entscheidung zu. Bei Greenwich wegen der zu geringen Genauigkeit dieser Ka, bei Cape wegen der wechselnden Verschiedenheit der Kurven mit D und Epoche. Wenn auch zum Beispiel in einer Zone sich eine Vergrößerung der Amplituden mit der Zeit feststellen läßt, so widerspricht dem wieder die nächste Zone. Nimmt man den NFK oder besser gesagt sein S in Hinsicht der $\Delta\delta_\alpha$ für fehlerfrei an zur mittleren Epoche in letzterer Hinsicht (1862), so müßten bei der Epochendifferenz der ersten und letzten Ka von Greenwich und Cape sich ein Unterschied der Amplituden von einem Drittel der für 1912 ergeben. Es wäre eigentlich anzunehmen, daß sich ein solcher Unterschied bemerkbar machen müßte. Da dies nicht ausgesprochen der Fall ist, müßte man eher zur Annahme neigen, daß die Oerter des NFK ein $\Delta\delta_\alpha$ erfordern.

V. Entstehung der $\Delta\delta_\alpha$ des NFK

Eine Betrachtung der Möglichkeiten, wie ein solcher Fehler in den NFK gekommen sein kann, ist möglicherweise auch geeignet, die Frage zu entscheiden und soll daher hier unternommen werden. Es wird daher stets Bezug zu nehmen sein auf die schon vorausgeschickte Darstellung der Entstehung des NFK. Da die benutzten Oerter selbst wegen ihrer geringen Epochendifferenz zur Ableitung von Ko der EB nicht geeignet sind, wie oben erwähnt, hätte man eine Anzahl früherer, schon von Auwers verwendeter Ka mit heranziehen können. Man hätte dadurch zwar keine Erklärung aber eine Zerlegung der $\Delta\delta_\alpha$ erhalten in die an Ort und EB anzubringenden, ganz in der Art, wie Auwers selbst in der oft erwähnten Arbeit (Astr. Nachr. 164) sein altes S verbessert. Dies ist aber aus zwei Gründen unmöglich. Einerseits hätte man dann nämlich auf die Trennung von D-Zonen verzichten müssen, denn die älteren Ka vertragen auf keinen Fall die Aufsuchung solch kleiner Differenzen aus einer geringen Anzahl von Sternen. Andererseits hätte eine verschwindende Differenz der neu abgeleiteten Ko gegen die von Auwers für den alten FK erhaltenen noch lange nicht die Richtigkeit dieser letzteren bewiesen. Denn da wir eben zu wenig über die systematischen Fehler der älteren Ka in

dieser Hinsicht wissen, wären die neuen Ko durch jene ebenso beeinflußt worden wie die des alten FK. Es bleibt also nur die wirkliche Aufsuchung einer Fehlerquelle des NFK übrig.

Bei der eben erwähnten ungenügenden Kenntnis der älteren Ka für unsere Zwecke, unserer Unkenntnis über die möglichen Amplituden der verschiedenen Refraktionsfehler (Temperaturfehler, Saalrefraktion, Schichtenneigungen) bleibt hier eigentlich nicht viel anderes übrig als die Angabe gewisser Indizien, die eine bestimmte Ursache als wahrscheinlich nachweisen. Mit der Entscheidung, ob die $\Delta\delta_\alpha$ an die Oerter oder EB des NFK am wahrscheinlichsten anzubringen sind, ist alles praktisch Wertvolle getan. Eine eingehende numerische Verfolgung der Verhältnisse hätte weit über den Umfang der verfügbaren Zeit hinausgegriffen, ob ihr ein Erfolg beschieden gewesen wäre, kann von vornherein nicht behauptet werden. Eine mühsame Ausgleichung der Werte der $\Delta\delta_\alpha$ aller Zonen in jeder einzelnen Stunde nach der Formel $\Delta\delta_\alpha = a_1 + a_2 . \operatorname{tg} z_p + a_b . \operatorname{tg} z_g$, wobei z_g und z_p die Zenitdistanzen der Zonenmitte für Greenwich und Pulkowa bedeuten, führte zu einer ganz unbefriedigenden Darstellung der $\Delta\delta_\alpha$. Selbst wenn man mit einiger Sicherheit etwa die erforderlichen $\Delta\delta_\alpha$ der älteren Pulkowa- und Greenwich-Ka auf Grund von vielen Annahmen über die Einwirkung der oben aufgezählten Refraktionsstörungen und mit Zuhilfenahme der hier gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ hätte finden können, wäre dies doch für die Aufgabe der Verbesserung des NFK ohne Folgen. Denn an den NFK wird man natürlich die für ihn ohne irgend welche Annahmen unmittelbar gefundenen Ko anbringen, ohne den Umweg über einige wichtige Ka seiner Basis zu nehmen. Wie erwähnt, sprechen die Kurven selbst mehr für verfälschte Oerter als unrichtige EB. Ein weiteres Indizium dafür liefert die Tatsache, daß schon 1891/92 nach den Beobachtungen Battermann's am Universaltransit in Berlin der A.G.-Katalog eine Korrektion $\Delta\delta_\alpha$ mit der Amplitude von etwa 0″.30 erforderte. Dieser Wert läßt sich mit unseren Kurven nicht unmittelbar vergleichen, weil er der Horrebow-Talcott-Methode entsprechend ein Mittel aus den D von $+25^0$ bis $+80^0$ ist. Ich gebe hier Battermann's Zahlen (Astr. Nachr. 148) für seine Gruppen-Ko mit dem umgekehrten Vorzeichen, wie es für den Vergleich mit unseren Zahlen erforderlich, und entsprechend seiner Annahme der Aberrationskonstante 20″.5027, weil diese der jetzt verwendeten am nächsten kommt.

Mittlere RA	3^h	$6^h.5$	$9^h.9$	$11^h.9$	14^h	$16^h.2$	18^h	20^h	$22^h.2$
Korrektion $\Delta\delta_\alpha$	−13	+21	+7	+9	+12	−1	−17	−5	−14

Die Zahlen Battermann's spiegeln den allgemeinen Charakter und die Amplitude des Hauptmaximums eines Mittels unserer Kurven für die Zone von $+25^0$ bis $+80^0$ recht gut wieder. Sogar das zweite Maximum ist nach Lage wie Amplitude wiedergegeben. Da der A.G.-Katalog ebenso wie der NFK in der Hauptsache auf dem S von Pulkowa beruht, konnte durch die von Auwers in der oft erwähnten Arbeit ermittelten Ko desselben an diesem Verhalten nicht viel geändert werden. Wenn aber erst einmal angenommen wird, daß der Fehler an den Oertern des NFK liegt, so ist damit schon gesagt, daß er im wesentlichen aus Fehlern der älteren Pulkowa-Ka erklärt werden muß. An Gründen für die Annahme von Refraktionsstörungen aller drei oben erwähnten Gattungen in Pulkowa mangelt es nun tatsächlich nicht. Hier kommen ja allerdings wieder nur die jahreszeitlichen Schwankungen im Betrage derselben in Betracht, über die wir noch weniger Sicheres wissen als über die Störungen selbst. Ich will nun der Reihe nach die drei Störungen, beziehungsweise die Anzeichen für ihr Vorkommen in Pulkowa besprechen.

1. Schichtenneigungen

Schichtenneigungen glaubt Bonsdorff in der Einleitung seines Ka P 15 annehmen zu sollen, um gewisse, nicht beträchtliche Anomalien zum Verschwinden zu bringen. Er nimmt das aus meteorologischen Gründen sehr wahrscheinliche Bestehen zweier verschieden temperierter Luftschichten an, deren Grenzfläche in einer Höhe von 160 m dem Gelände parallel läuft. Der Sprung der Temperatur an der Grenzschicht soll dabei im Sinne untere Schicht minus obere Schicht $+2^0.3$ betragen, was sich mit dem bei klarem Wetter bei Nacht

meistens vorhandenen Inversionen schlecht verträgt. Da der Betrag, mit dem Schichtenneigungen die D verfälschen könnten, doch unter plausiblen Annahmen nur ein Bruchteil der gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ sein kann, besonders in den Zenitzonen, und wir über sie wie ihre jahreszeitlichen Schwankungen zu wenig wissen, will ich nicht näher darauf eingehen. Ein Versuch, das Mittel der absolut genommenen $\Delta\delta_\alpha$ jeder Stunde der allgemeinen Kurven als abhängig von $\frac{1}{\cos^2 z}$ darzustellen, zeigte die Unzulässigkeit einer solchen Annahme und der Erklärung der $\Delta\delta_\alpha$ bloß aus Schichtenneigungen. Unter letzteren verstehe ich Neigungen einer Schicht solcher Mächtigkeit, daß Beobachtungssaal und nähere Umgebung ganz in ihr enthalten sind, also nicht Neigungen der Schichten innerhalb oder in nächster Umgebung des Saales.

2. Saalrefraktion

Letztere Neigungen wird man am zweckmäßigsten zur Saalrefraktion rechnen. Eine Untersuchung von Bonsdorff (ebendort) befaßt sich mit dem Vorkommen derselben im großen Meridiansaal von Pulkowa. Durch Vergleich der Beobachtungen gleicher Sterne im Saale wie in einem Turm der Südsternwarte mit demselben Instrument kann er die Störung im Saale ermitteln, weil das Instrument im Turm wirklich in freier Luft steht und allseitig mit dem Objektiv über den Turmrand ragte. Für Beobachtungen bis 60° Zenitdistanz ist der Unterschied verschwindend, in der Zone mit 60° bis 70° Zenitdistanz erst im Sinne großer Saal minus Südturm $\Delta z = -0''.17$. Es könnte also gerade die Kurve für 0° bis — 10°, bis zu welcher Pulkowa-Ka verwendet wurden, noch beeinflußt sein. Die jahreszeitlichen Schwankungen dieses Betrages dürften aber wieder nur einen Bruchteil der dort vorkommenden Amplitude von 0''.37 erklären. Das gilt aber nur für den Saal in seiner jetzigen Gestalt. Die Ka bis 1885 werden durch Saalrefraktion wohl viel mehr beeinflußt gewesen sein. Es ist zu beachten, daß der Saal von F. W. Struve seinerzeit so angelegt wurde, daß die Temperaturschwankungen in ihm möglichst gering sein sollten und nicht so, daß er jede Schwankung der äußeren Lufttemperatur möglichst rasch mitmacht. Dementsprechend wurde z. B. der Zwischenraum der beiden Dachverschalungen mit einer starken Schicht Erde als Isoliermaterial ausgefüllt, die erst vor den Beobachtungen für den Ka 1885 entfernt wurde. Nördlich und südlich des Instruments standen ferner zwei mächtige Granitpfeiler für die Kollimatoren, die ebenfalls später beseitigt wurden, weil man ihren Einfluß auf die Lufttemperatur fürchtete. Die seitlichen Spalte reichten nur bis zu einer Zenitdistanz von 73°. Schon Nyren erwähnt ferner den möglichen Einfluß der damals gebräuchlichen Lampen, die ja eine ergiebige Quelle hoch erhitzter Luft darstellten. Daß ihr Einfluß nicht zu vernachlässigen ist, konnte bei anderer Gelegenheit Wanach nachweisen. Bei dieser komplizierten Sachlage und dem Umstande, daß heute noch nicht einmal Einigkeit darüber herrscht, ob die Isothermen unserer Säle eine Ausbuchtung gegen das Zenit oder das Nadir zeigen, scheint es mir vergebliche Mühe, mit den unzureichenden und unzuverlässigen Temperaturangaben der älteren Ka diese von Saalrefraktion zu befreien oder gar deren jährliche Aenderungen zu berechnen. Daß solche vorhanden sind, wird kaum jemand bezweifeln. Daß sie nicht der jährlichen Schwankung der Lufttemperatur folgen müssen, scheint ebenfalls wahrscheinlich. Denn bei der thermischen Trägheit der in Betracht kommenden störenden Massen ist nicht die jeweilige Lufttemperatur allein, sondern die thermische „Vorgeschichte" der Massen maßgebend. Im Verein mit dem täglichen Gang der Temperatur, der Verschiebung der Beobachtungszeit im Lauf des Jahres, den wechselnden Bestrahlungsverhältnissen während des Tages, dem Einfluß des im Frühjahr zu kalten, im Herbst zu warmen Erdbodens, des stark kontinentalen Klimas von Pulkowa usw. sind jahreszeitliche Schwankungen der gefundenen Amplituden und Lage der Extreme durchaus möglich und dürften sogar den Einfluß des Temperaturfehlers überwiegen, da die gefundenen Amplituden kein dem tang z proportionales Wachsen zeigen.

3. Temperaturfehler

Der Temperaturfehler, dessen Einfluß auf die Refraktion und die Oerter des NFK nun besprochen werden soll, kann aus zwei Ursachen entstehen. Es können erstens aus rein

meßtechnischen Gründen die für die Berechnung der Refraktion verwendeten Temperaturen falsch sein. Zweitens können aber selbst mit richtig zeigenden Thermometern Temperaturen von Luftschichten gemessen werden, die für die Berechnung der Refraktion gar nicht maßgebend sind, weil sie nicht die letzten vom Lichtstrahl durchlaufenen Schichten darstellen. Ich werde im folgenden für beide Ursachen Gründe für ihr Vorkommen bei älteren Beobachtungen im allgemeinen und dann bei den Pulkowaer Beobachtungen im besonderen nachweisen.

Daß die bisher übliche Art der Messung der Lufttemperatur mit Quecksilberthermometern ganz unzuverlässig ist und auf keinen Fall mehr den heutigen Ansprüchen an Genauigkeit genügt, habe ich schon erwähnt und es scheinen bei den Beobachtern auch schon die Vorzüge des Aspirationsthermometers (geringe thermische Trägheit und Freiheit von verfälschenden Strahlungseinflüssen) trotz seines Nachteils (längere Dauer der Messung) sich durchzusetzen. Zum Beispiel wird die Verwendung der Harzer'schen Refraktionstafeln nicht unbedingt eine Steigerung der Genauigkeit bringen können trotz der sechs Stellen des Logarithmus der Ablenkung, die sie gibt. Die heute noch häufigen Meßfehler in der Größenordnung von $0^0.1$ werden schon die vierte Dezimale unsicher machen. Es bedarf keines Beweises, daß die zwei Arten von Temperaturmeßfehlern (Trägheit und Strahlungseinfluß) in sämtlichen älteren Reihen Verfälschungen bewirkt haben; daß dies auch einen Gang nach der Rektascension erzeugen wird, soll gezeigt werden.

Die von der Trägheit des Quecksilberthermometers herrührenden Meßfehler behandelt schon Gyldén (Bull. Acad. Sc. Petersb. **10**; 1866). Mit der Annahme eines Exponentialgesetzes für die Annäherung der gemessenen Temperatur an die wahre findet er aus dem täglichen Gang der Temperatur an heiteren Tagen (im Durchschnitt), daß die Thermometer, die damals in Pulkowa verwendet wurden, beim Fallen der Temperatur um $0^0.11$ C zu hoch zeigen. Dieser Betrag zeigt etwa das Maximum des Fehlers an, das bei Sonnenuntergang eintritt, entsprechend der dann am schnellsten sinkenden Lufttemperatur. In späteren Nachtstunden wird dieser Fehler ziemlich klein werden, ebenso setzt ihn Ventilation durch Wind herab. Da er ein Produkt des täglichen Temperaturganges ist und nicht der absoluten Temperatur, dürfte seine jährliche Schwankung verschwindend sein. Trotzdem kann er einen Gang nach RA erzeugen, wenn die Beobachtungen in verschiedenen Jahreszeiten zu verschiedenen Tageszeiten stattfinden. Das ist aber in Pulkowa der Fall. Wie Dneprovsky (Bull. Pulkowa, Vol. IX, Nr. 6, S. 416/17) mitteilt, werden dort die RA 4^h bis 8^h aus leicht ersichtlichen Gründen zum Teil 1 bis $1^1/_2$ Stunden vor Sonnenuntergang beobachtet, wo also die Thermometer zu hoch zeigen. Die zu geringe in Anrechnung gebrachte Strahlenbrechung verschiebt also die D dieser Stunden nach Norden bei den Sternen südlich des Zenits. Die aus den Kurven ersichtliche Lage des Hauptmaximums der nördlichen Abweichung des NFK ist allerdings um etwa drei Stunden später; eine Beeinflussung durch diesen Fehler ist aber nicht von der Hand zu weisen, obgleich sich sein Betrag nicht einmal schätzen läßt und nur die nach Gyldén's Zahlen denkbare obere Größe von $0''.02$ in einer Zenitdistanz von 45^0 angeben läßt. Zur Erklärung der von uns gefundenen Kurven kann also dieser Fehler nichts beitragen, obwohl er in Zukunft beachtet werden müßte, wenn man die Genauigkeit der neuen Refraktionstafeln ausnutzen will.

Schlimmer wirkt der zweite Meßfehler, die Verfälschung der Thermometerablesungen durch Strahlung des Himmels oder benachbarter großer Massen wie Mauerwerk usw., sowie durch Ausstrahlung des Thermometers gegen den klaren Nachthimmel. Daß letztere die Temperatur von Glas mehrere Grade unter die der umgebenden Luft drücken kann, ist ohne weiteres aus dem Beschlagen der Objektive und dem einfachen Schutzmittel dagegen, der Verminderung der dem Objektiv gegenüberstehenden Himmelsfläche durch die Taukappe, zu ersehen. Nach den Messungen Homén's ist die Ausstrahlung stets, also selbst bei Tage, größer als die Einstrahlung von seiten der erwärmten Schichten der Atmosphäre. Eine Jahresperiode ist ohne weiteres anzunehmen, aber über Verlauf wie Amplitude läßt sich nichts Sicheres sagen. Bei den in Pulkowa und den älteren Reihen überhaupt verwendeten äußeren Thermometern ist dieser Fehler naturgemäß besonders zu fürchten. Entgegengewirkt wird ihm wenigstens in der Zeit, wo umgebende Massen höhere Tempe-

raturen als die Luft besitzen und durch Absorption der dunklen Wärmestrahlung der Massen in dem Glas der Thermometerkugel letzteres einen höheren als den wahren Stand aufweist. Dieser Meßfehler dürfte in Pulkowa in besonderem Maße mitgesprochen haben. Das Thermometer war dort an einer sehr ungünstigen Stelle aufgestellt, nämlich in der Ecke, gebildet aus der Nordmauer des Westsaales und der Westmauer des Vorhauses. Beide Mauern stehen in der Zeit zwischen den Aequinoktien in der wärmeren Jahreszeit unter Sonnenbestrahlung, die in den massiven Körpern beträchtliche Wärmemengen aufspeichern kann. Hinzu kommt noch der Einfluß des ebenfalls bestrahlten nahen Erdbodens. Außerdem muß gerade das Thermometer Girgensohn 333, das in Pulkowa noch für den Katalog 1885 benutzt wurde, besonders stark absorbierendes Glas besessen haben. Gyldén gibt in der genannten Arbeit schon an, daß dieses Thermometer mittags um durchschnittlich 1° C höher zeigte als ein anderes. Vorzeichen und Tageszeit des Maximums weisen die Differenz dem Thermometer Girgensohn 333 zu, ohne daß damit über die volle Größe derselben gegenüber einem modernen Quecksilberthermometer etwas gesagt ist, die vielleicht noch höher sein würde. Auch bei dieser Fehlerquelle ist ein jährlicher Gang von vornherein zu erwarten. Es ist nicht gleichgültig, ob der Erdboden, dem das äußere Thermometer Pulkowa's nahe war, im Frühjahr noch gefroren oder jedenfalls kälter als die darüberliegende Luft ist oder wie im Herbst wärmer. Pulkowa's Küstenlage wird ferner je nach der Jahreszeit wechselnde Versorgung mit Luft anderer Temperatur als der die Thermometer bestrahlenden Umgebung bewirken, durch die Land- und Seewinde. Die Fehlerhaftigkeit der Pulkowaer D aus dieser Ursache hat ebenfalls schon Gyldén vermutet (Observ. Pulk. V, S. 14/15); er fand nämlich, daß der Unterschied der Tages- und Nachtbeobachtungen durch keine Abänderung der Refraktionskonstante oder des Ausdehnungskoeffizienten beseitigt werden könne, daher nur den Fehlern in der Bestimmung der Lufttemperatur zugeschrieben werden könne. Auch findet er schon einen jährlichen Gang in diesem Unterschied, der am größten ist für Sterne, die im Herbst von der Sonne um 180° in RA abstehen, am kleinsten für solche, zu denen die Sonne im Frühjahr in dieser Beziehung steht. Es ist aber schwer zu entscheiden, ob diese Erscheinung nicht eher einer anderen Fehlerquelle, die in Pulkowa stark einwirkte, zuzuschreiben ist, nämlich der Berechnung der Refraktion mit Temperaturen, die an anderen Luftschichten als an den maßgebenden gemessen wurden. Das äußere Thermometer war ja dort fast 10 m vom Spalt entfernt, in einer Luftschicht also, die bestimmt nicht repräsentativ für die das Objekt umgebende Luft ist. Auf diese Fehlerquelle wurde bereits Nyrén aufmerksam (Publ. Observ. Centr. Nicol., Serie II, Vol. II, S. 2/3). Wegen des mit Recht zu befürchtenden jährlichen Ganges gibt er nicht bloß die mittlere Differenz der Thermometerstände Innen minus Außen, sondern auch ihre Verteilung über die Sternzeitstunden, getrennt nach oberer und unterer Kulmination. Ich gebe seine Zahlen, auf Celsiusgrade umgerechnet und durch überschiebende 3^h-Mittel geglättet, wieder. Das Vorzeichen aller Differenzen ist plus.

h	OC	UC	h	OC	UC	h	OC	UC
0	1.01	1.20	8	0.96	1.32	16	1.01	1.05
1	0.96	1.14	9	0.95	1.26	17	1.16	1.09
2	0.94	1.22	10	0.93	1.25	18	1.31	1.14
3	0.95	1.22	11	0.91	1.14	19	1.39	1.12
4	0.95	1.30	12	0.94	1.01	20	1.33	1.18
5	0.95	1.32	13	0.95	0.85	21	1 28	1.20
6	0.95	1.38	14	0.98	0.88	22	1.20	1.25
7	0.96	1.40	15	0 95	0 95	23	0.88	1.20

Ohne weiteres ersieht man aus diesen Zahlen einen systematischen Gang. Bei den OC zeigt sich ein Minimum bei 11^h und ein Maximum bei 19^h mit einer Amplitude von $0^0.48$ C. Bei den UC gibt es ein Hauptmaximum bei 7^h und ein Nebenmaximum bei 22^h, ein Minimum bei 1^h und bei 13^h mit einer Amplitude von $0^0.55$ C. Man kann also Nyrén nicht bei-

pflichten, der aus seinen Zahlen eine erstaunliche Konstanz entnimmt. Die von Dneprovsky (s. o., S. 408) gegebenen Zahlen sind wegen Benutzung neuerer Thermometer und anderer Aufstellung kleiner, zeigen aber deutlich den größten Wert der Differenz im Frühjahr und eine Abhängigkeit von der Nähe des Erdbodens. Freilich ist weder durch die von Nyrén gefundene Amplitude von $0^{0}.5$ noch durch den Verlauf seiner Zahlen Größe und Verlauf unserer Kurven für $\Delta\delta_{\alpha}$ vollständig zu erklären. Die bei der Kurve für 0^{0} bis $+10^{0}$, also in einer Zenitdistanz von 55^{0} auftretende Amplitude von $0''.38$ läßt sich nur durch einen Temperaturfehler von $1^{1}/_{4}{}^{0}$ erklären. Ferner zeigt zwar der Verlauf obiger Zahlen für die untere Kulmination Uebereinstimmung mit dem Verlauf unserer Kurven, aber nicht der für die obere. Aber erstens ist nach dem Gesagten gar nicht zu erwarten, daß die von Nyrén wiedegebenen Differenzen nun auch wirklich die volle Differenz der für die Berechnung der Refraktion angewandten und der wirklich anzuwendenden Temperatur darstellen und ihr Gang den Gang dieser wirklichen Differenz. Beide Thermometer sind ja selbst in nicht festzustellendem, aber zweifelohne nicht zu vernachlässigendem Maße verfälscht. Und ferner werden die jahreszeitlichen Schwankungen der Saalrefraktion einen weiteren, nicht abzutrennenden Beitrag liefern. Auch die in Pulkowa gefundene (Bonsdorff, Katalog 1915) „Schwankung" der Refraktions-„Konstante" im Verlauf des Jahres wird nur eine Komponente der drei hier betrachteten Fehler sein: Schichtenneigungen, Saalrefraktion (im jetzigen Saale allerdings wohl unbeträchtlich) und Temperaturfehler. Die übliche Art der Bestimmung der beiden Konstanten der Refraktionstheorie durch Ausgleichsrechnung über sehr verschiedene Zenitdistanzen verwischt die Verhältnisse in schwer durchdringlicher Weise, bessert in einzelnen Zenitdistanzen und verschlechtert in anderen. Der in Pulkowa stets zu groß gefundene Wert des Ausdehnungskoeffizienten (gegenüber dem physikalisch bestimmten) zeigt deutlich das Vorhandensein von Temperaturfehlern in den älteren Beobachtungen an. Die Benutzung der Temperatur falscher Luftschichten kann unter Umständen durch diesen Fehler des Ausdehnungskoeffizienten verstärkte Fehler liefern; ebenso dürfte die von Bonsdorff gefundene Jahreskurve der Refraktion dadurch mitverursacht sein, ebenso wie die von Dneprovsky (S. 408) und Nyrén bemerkte systematische Abweichung aller an bestimmten Tagen, besonders mit sehr tiefen Temperaturen, beobachteten D von den übrigen. Daß sich durch die Ausgleichung allerlei Fehler großer Zahl in Fehlern bloß zweier Konstanten äußern, sieht man auch aus den von Nyrén (S. 14) mitgeteilten Zahlen für die von ihm aus Beobachtungen der einzelnen RA-Stunden abgeleiteten Ausdehnungskoeffizienten. Es zeigen sich deutliche Minima desselben bei etwa 9^{h} bis 10^{h} und 17^{h} bis 19^{h}. Die Lage der Extreme stimmt gut zu den Kurven. Aber auch das Vorzeichen der Abweichung erklärt wieder das Vorzeichen der $\Delta\delta_{\alpha}$ der betreffenden Stellen, das dort in den Kurven positiv ist, die südlich vom Pulkowa-Zenit liegen. Denn ein Minimum des zur Darstellung der Beobachtungen erforderlichen Koeffizienten deutet an, daß in der betreffenden Gegend positive Temperaturfehler Ablesung minus Richtig vorkommen. Da aber die Beobachtungen mit einem einheitlichen Koeffizienten berechnet werden, wird an diesen Stellen die Refraktion zu klein, die D südlicher Sterne also zu nördlich gefunden, was die Kurven zeigen.

4. Schluß

Das Obige konnte die Annahme, daß die gefundenen $\Delta\delta_{\alpha}$den, durch Fehler der Refraktion verursachten, $\Delta\delta_{\alpha}$ der älteren Pulkowa-Ka zuzuschreiben ist, naturgemäß nur wahrscheinlich machen. Wegen der im Verhältnis zu den bekannten Daten über die damalige Verteilung der Temperatur in und außerhalb des Saales viel zu großen Zahl der Unbekannten, die die drei erwähnten Fehlerquellen liefern, wäre eine nähere numerische Untersuchung kaum etwas anderes als eine verschleierte Interpolation nach einer vorgefaßten Formel. Abgesehen von der Erhärtung des vermuteten Grundes der $\Delta\delta_{\alpha}$ wäre der Nutzen einer solchen Untersuchung auch noch zweifelhaft. Die an der Sternwarte Neubabelsberg im Gang befindlichen Beobachtungen nach der von Battermann (a. a. O.) vorgeschlagenen Methode werden außerdem in kurzer Zeit wichtiges Material liefern, ohne das eine Diskussion verfrüht wäre. Der größte Erfolg der vorstehenden Arbeit wäre es, die Beobachter zu ein-

wandfreieren Temperaturmessungen anzuregen. An den Kurven bleibt nur eines noch zu erklären: daß sie auch im Zenit von Pulkowa (oder Greenwich) deutliche und verbürgte Ausschläge zeigen, die über den durch Schichtenneigungen zu erklärenden Betrag hinausgehen. Aber diese Erscheinung hat bereits Egon v. Oppolzer vorausgeahnt und erklärt in seinem inhaltsreichen Artikel über Strahlenbrechung (Valentiner's Handwörterbuch). Er weist darauf hin, daß die D unserer FK von $+50^0$ an bis zum Pol aus der Kombination von Beobachtungen in beiden Kulminationen entstanden sind, Refraktionsfehler also auch in die Zenitzonen eingehen werden, und damit auch die Veränderung dieser Fehler nach der Jahreszeit. Es soll nach dem oben Gesagten natürlich nicht behauptet werden, daß die EB des NFK keine Ko $\Delta\delta_\alpha$ erfordern, sondern bloß, daß eine solche gegenüber der der Oerter noch unbeträchtlich ist, so daß die $\Delta\delta_\alpha$ meiner Kurven vorläufig am besten in vollem Betrage an die Oerter angebracht werden. Der Ka Bradley 1755, der ja für die Ableitung des Systems in $\Delta\delta_\alpha$ als absoluter Ka mitsprach, dürfte keinen erheblichen Einfluß in dieser Hinsicht gehabt haben und er wäre der einzige, durch den man verfälschte EB des erforderlichen Fehlermaßes erklären könnte. Ein Vergleich der durch Bradley gelieferten $\Delta\delta_\alpha$ des alten FK mit denjenigen, die der NFK für Bradley liefert, zeigt eine höchste Differenz von 0″.25 in der 14^h, deutet also nicht an, daß die Benützung des Bradley-Ka einen erheblichen Zwang auf den NFK ausgeübt hat. Dies ist auch zu erwarten. Denn da an beiden einflußreichen Sternwarten, Pulkowa und Greenwich, das Klima viel zu wenig verschieden ist und die prinzipiellen Fehler des Quecksilberthermometers ebenfalls gleich bleiben, auch das Vorzeichen der Saalrefraktion nicht geändert sein kann, werden die jahreszeitlichen Einflüsse recht ähnlich verlaufen.

Ein Fehler, der die gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ zwar nicht erklären könnte, aber aus ihnen vielleicht entnommen werden könnte, wäre ein größerer Fehler der Newcomb'schen Präzessionskonstante, die ja ebenso wie Oerter und EB ein Bestandteil des NFK ist. Aber die Kurven lassen keine Spur von Ausbuchtungen entgegengesetzten Vorzeichens an den Stunden 0^h und 12^h erkennen.

Zusammenfassung

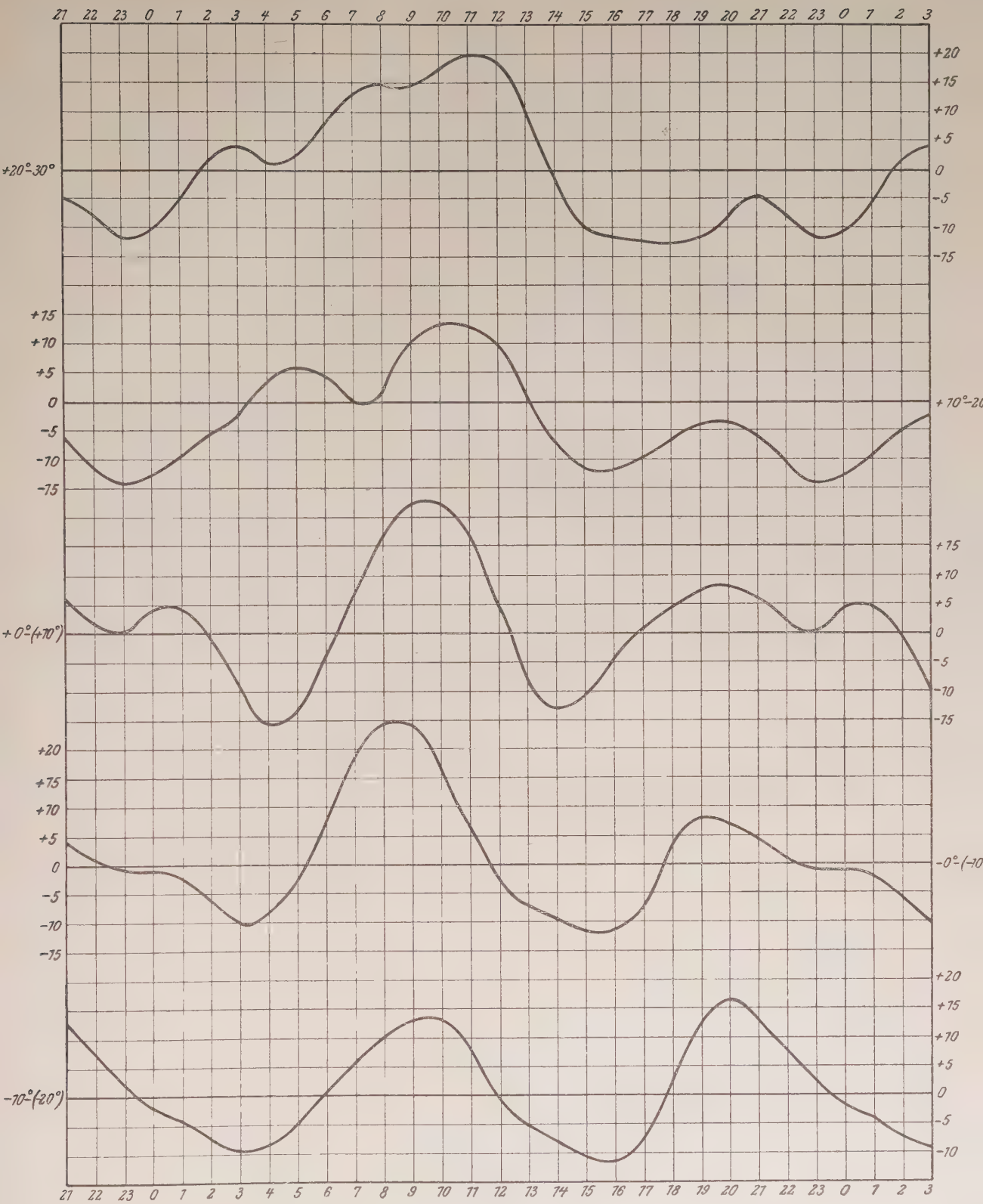
Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich zusammenfassen in den Sätzen:

Der NFK erfordert eine Korrektur von der Form $\Delta\delta_\alpha$, die abhängig ist von der Deklination.

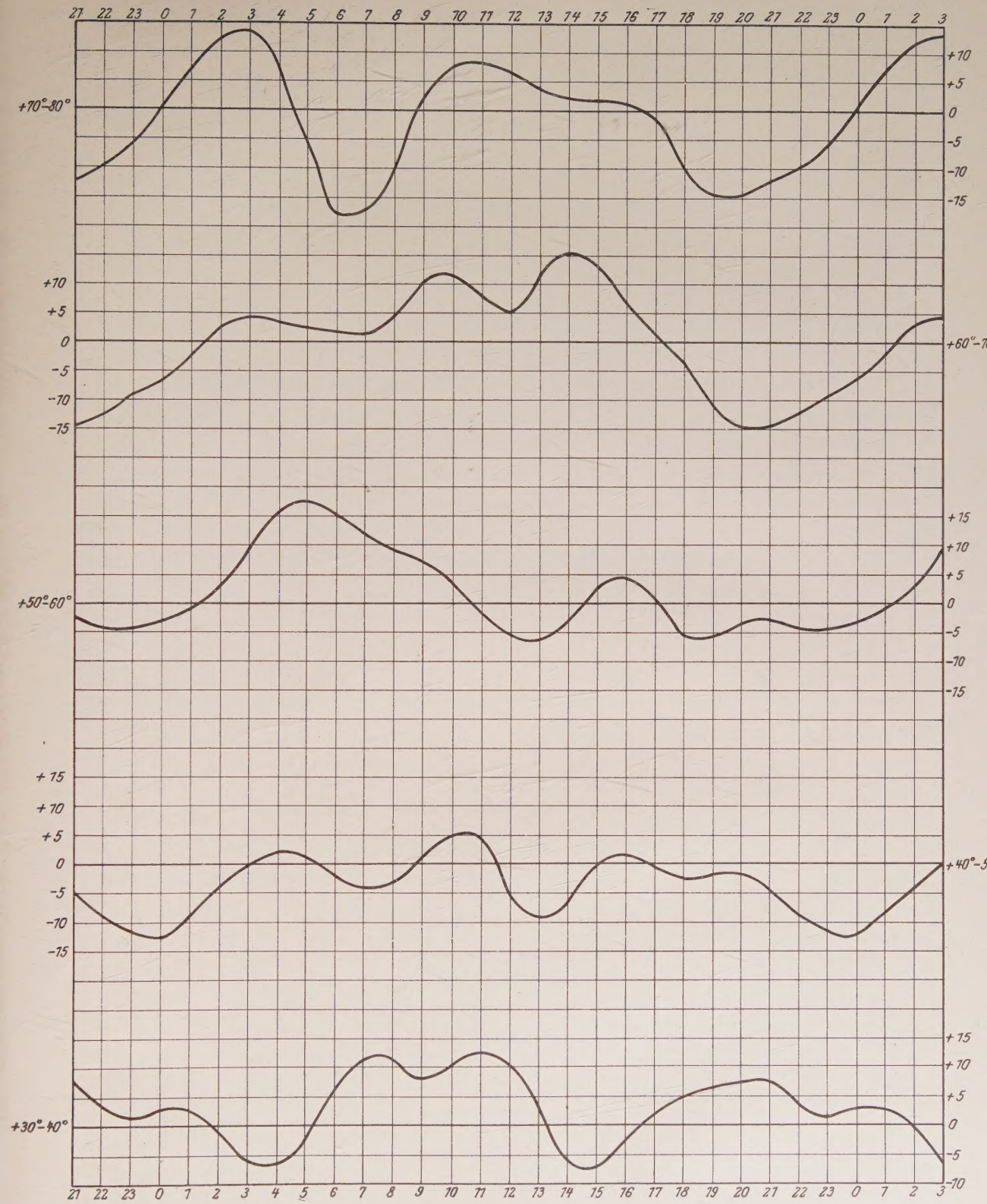
Dieser Fehler des NFK ist wahrscheinlich durch Refraktionsfehler hauptsächlich der älteren Pulkowaer Beobachtungen in das System gekommen und kann aus den modernen Beobachtungen deshalb erkannt werden, weil Saalkonstruktion und Refraktionsberechnung heute einwandfreier sind. Die $\Delta\delta_\alpha$, die der Katalog Babelsberg liefert, deuten vielleicht an, daß die gefundenen $\Delta\delta_\alpha$ des NFK (Mittel der Sternwarten) nicht den vollen erforderlichen Betrag darstellen, weil auch die verwendeten Beobachtungen noch nicht ganz einwandfrei sind. Die Korrektion ist an die Oerter des NFK anzubringen.

Eine notwendige Verbesserung der Präzessionskonstante von Newcomb läßt sich nicht erkennen.

Bei zukünftigen fundamentalen Deklinationsbestimmungen ist die Lufttemperatur in der Nähe des Objektivs und mit dem Aspirationsthermometer oder dem Doppelthermometer zu messen.



Cape, Greenwich, Pulkowa, Washington, Algier vereinigt



Washington, Greenwich, Cape, Pulkowa, Algier vereinigt

Druck von A. W. Schade, Berlin N 65